



Инновации в АПК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



№2 (26) 2020

Инновации в АПК: проблемы и перспективы

**Теоретический и научно-практический журнал
Учредитель Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Белгородский государственный
аграрный университет имени В.Я. Горина»
Официальный сайт: <http://www.bsaa.edu.ru>**

*В журнале публикуются результаты фундаментальных и прикладных исследований,
обсуждаются теоретические, методологические и прикладные проблемы агропромыш-
ленного комплекса России и зарубежья, предлагаются пути их решения*

Издаётся с 2013 года

Выходит один раз в квартал

**Выпуск 2 (26)
2020 г.**

**п. Майский
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ
2020**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Алейник С.Н. к. тех. н., доцент

Заместители главного редактора

Дорофеев А.Ф., д. э. н., доцент

Члены редакционной коллегии:

Азаров В.Б., д. с.-х. н., профессор;
Андрианов Е.А., д. с.-х. н., профессор;
Аничин В.Л., д. э. н., профессор;
Афоничев Д.Н., д. тех. н., профессор;
Бабинцев В.П., д. фил. н., профессор;
Вендин С.В., д. тех. н., профессор;
Груздова Л.Н., к. э. н., доцент;
Гурин А.Г., д. с.-х. н., профессор;
Демидова А.Г., к. с.-х. н., доцент;
Запорожцева Л.А., д. э. н., профессор;
Колесников А.С., к. тех. н., доцент;
Коломейченко А.В., д. тех. н., профессор;
Котлярова Е.Г., д. с.-х. н., профессор;
Коцарева Н.В., д. с.-х. н., доцент;
Лебедев А.Т., д. тех. н., профессор;
Лицуков С.Д., д. с.-х. н., профессор;

Ломазов В.А., д. физ.-мат. н., профессор;
Меделяева З.П., д. э. н., профессор;
Муравьев А.А., к. с.-х. н., доцент;
Мязин Н.Г., д. с.-х. н., профессор;
Наседкина Т.И., д. э. н., профессор;
Наумкин В.Н., д. с.-х. н., профессор;
Пастухов А.Г., д. тех. н., профессор;
Поливаев О.И., д. тех. н., профессор;
Растопчина Ю.Л., к. э. н., доцент;
Саенко Ю.В., д. тех. н., доцент;
Сидоренко О.В., д. э. н., доцент;
Скурягин Н.Ф., д. тех. н., профессор;
Смуров С.И., к. с.-х. н.;
Столяров О.В., д. с.-х. н., профессор;
Ступаков А.Г., д. с.-х. н., профессор;
Токарь Е.В., д.э.н., профессор

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Алейник С.Н. к. тех. н., доцент (Россия) – **председатель;**

Дорофеев А.Ф., д. э. н., доцент (Россия) – **зам. председателя.**

Члены научно-редакционного совета:

Бондаренко Л.В., д. э. н., профессор, член-корреспондент РАН (Россия);
Вереновска А., PhD э. н. (Польша);
Ерохин М.Н., д. т. н., профессор, академик РАН (Россия);
Колесников А.В., д. э. н., доцент (Россия);
Леммер А.Дж., д. с.-х. н. (Германия);
Простенко А.Н., к. э. н. (Россия);
Савченко Е.С., д. э. н., профессор, член-корреспондент РАН (Россия);
Турусов В.И., д. с.-х. н., профессор, академик РАН (Россия);
Турьянский А.В., д. э. н., профессор (Россия)
Ужик В.Ф., д. т. н. профессор (Россия)
Ушачев И.Г., д. э. н., профессор, академик РАН (Россия);
Яска Е., PhD э. н. (Польша).

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77-63038 от 10 сентября 2015 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

ISSN – 2311 – 9535

Подписной индекс в каталоге «Объединенный каталог. Пресса России.
Газеты и журналы» – **40760**.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (**РИНЦ**).

Материалы издания выборочно включаются в реферативную базу данных **Agris**.

Распоряжением Минобрнауки России № 21-р от 12.02.2019 г. в **Перечень ведущих рецензируемых научных журналов**, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук включены следующие научные специальности, представленные в журнале:

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки),

05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки),

05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки),

06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки),

06.01.04 – Агрохимия (сельскохозяйственные науки),

08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности) (экономические науки),

08.00.10 – Финансы, денежное обращение и кредит (экономические науки),

08.00.12 – Бухгалтерский учет, статистика (экономические науки)

Редактор Потапов Н.К.

Дизайн-макет и компьютерная вёрстка **Потапов Н.К.**

Адрес редакции и издателя журнала

308503, ул. Вавилова, 1, п. Майский, Белгородский р-н, Белгородская обл., Россия

Тел.: +7-4722-39-22-68, Факс: +7-4722-39-22-62

Официальный сайт журнала: <http://www.journal-belgau.ru>

Отпечатано в ООО Издательско-полиграфический центр «ПОЛИТЕРРА»

Подписано в печать 30.06.2020 г., дата выхода в свет – 10.07.2020 г.

Усл. п.л. 30,9. Тираж 1000 экз. Заказ № 1700. Свободная цена.

Адрес типографии: г. Белгород, пр. Б. Хмельницкого, 137, корпус 1, офис 357

Тел. +7-4722-35-88-99; +7-910-360-14-99

e-mail: polyterra@mail.ru, официальный сайт: <http://www.polyterra.ru>

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», 2020.

Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives

Theoretical, research and practice journal

Founder Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

“Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin”

Official website: <http://www.bsaa.edu.ru>

*The journal publishes the results of fundamental and applied research,
discusses the theoretical, methodological and applied problems of the agro-industrial complex
of Russia and abroad, suggests ways to solve them*

Published since 2013

Issued once per quarter

**Release 2 (26)
2020**

**Maysky
FSBEI HE Belgorod SAU
2020**

EDITORIAL STAFF

Editor in Chief

Aleinik S.N., Cand.Tech. Sci, as. prof;

Deputy editors

Dorofeev A.F., Dr. Econ. Sci., associate professor

Members of Editorial Staff

Azarov V.B., Dr. Agr. Sci., professor;

Andrianov E.A., Dr. Agr. Sci., professor;

Anichin V.L., Dr. Econ. Sci., professor;

Afonichev D.N., Dr. Tech. Sci., professor;

Babintsev V.P., Dr. Phil. Sci., professor;

Vendin S.V., Dr. Tech. Sci., professor;

Gruzdova L.N., Cand. Econ. Sci., as. prof.;

Gurin A.G., Dr. Agr. Sci., professor;

Demidova A.G., Cand. Agr. Sci., as. prof.;

Zaporozhtseva L.A., Dr. Econ. Sci., professor;

Kolesnikov A.S., Cand. Tech. Sci., as. prof.;

Kolomeichenko A.V., Dr. Tech. Sci., professor;

Kotliarova E.G., Dr. Agr. Sci., professor;

Kotsareva N.V., Dr. Agr. Sci., as. prof.;

Lebedev A.T., Dr. Tech. Sci., professor;

Litsukov S.D., Dr. Agr. Sci., professor;

Lomazov V.A., Dr. Phys.-math. Sci., prof.;

Medeliyeva Z.P., Dr. Econ. Sci., professor;

Muravyov A. A., Cand. Agri. Sci., as. prof.;

Myazin N.G., Dr. Agr. Sci., professor;

Nasedkina T.I., Dr. Econ. Sci., professor;

Naumkin V.N., Dr. Agr. Sci., professor;

Pastukhov A.G., Dr. Tech. Sci., professor;

Polivaev O.I., Dr. Tech. Sci., professor;

Rastopchina Y.L., Cand. Econ. Sci., as. prof.;

Saenko Yu.V., Dr. Tech. Sci., professor;

Sidorenko O.V., Dr. Econ. Sci., as. prof.;

Skuriatin N.F., Dr. Tech. Sci., professor;

Smurov S.I., Cand. Agr. Sci.; as. prof.;

Siolyarov O.V., Dr. Agr. Sci., professor;

Stupakov A.G., Dr. Agr. Sci., professor;

Tokar E.V., Dr. Econ. Sci., professor

EDITORIAL BOARD

Aleinik S.N., Cand. Tech. Sci, as. prof; – **Chairman**;

Dorofeev A.F., Dr. Econ. Sci., associate professor (Russia) – **Vice-Chairman**.

Members of Editorial Board:

Bondarenko L.V., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS (Russia);

Werenowska A., PhD in economics (Poland);

Erokhin M.N., Dr. Tech. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);

Kolesnikov A.V., Dr. Econ. Sci., associate professor (Russia);

Lemmer A.J., Dr. Agr. Sci. (Germany);

Prostenko A.N., Cand. Econ. Sci. (Russia);

Savchenko E.S., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS (Russia);

Turusov V.I., Dr. Agr. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);

Tur'ianskii A.V., Dr. Econ. Sci., professor (Russia)

Uzhik V.F. Dr. Tech. Sci., professor (Russia);

Ushachev I.G., Dr. Econ. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);

Jaska E., PhD in economics (Poland).

Registration Certificate: ПИ № ФС 77-63038 of 10 September 2015
issued by the Federal service for supervision in the sphere of Telecom,
information technologies and mass communication (Roscomnadzor)

ISSN – 2311 – 9535

Subscription Index in the directory “The United catalogue. The Russian Press.
Newspapers and magazines” – 40760.

The journal is included in the Russian Index of Scientific Citing (**RISC**).

Scientific papers are selectively included in **Agris** abstract database.

By order of the Ministry of Education and Science of Russia № 21-p dated February 12, 2019, the list of leading reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the doctoral degrees of doctor and candidate of science should be published includes the following scientific specialties presented in the journal:

05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences),

05.20.02 - Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture (technical sciences),

05.20.03 - Technologies and means of technical maintenance in agriculture (technical sciences),

01.06.01 - General agriculture, crop production (agricultural sciences),

01.06.04 - Agrochemistry (agricultural sciences),

08.00.05 - Economics and management of the national economy (by branches and fields of activity)
(economic sciences),

08.00.10 - Finance, money circulation and credit (economic sciences),

08.00.12 - Accounting, Statistics (Economic Sciences)

Executive editor **Potapov N.K.**

Design layout and computer-aided makeup **Potapov N.K.**

Editorial board and journal publisher

ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia

Tel.: +7 4722 39-22-68, Fax: +7 4722 39-22-62

Official website of the journal: <http://www.journal-belgau.ru>

Printed in (Limited liability company) Publication and printing center “POLYTERRA”

Signed for publication 30.06.2020, date of publication 10.07.2020.

Conventional printed sheet 30,9. Circulation 1000 copies Order № 1700. Free price

Address of printing: pr. B. Khmel'nitskogo, 137, site 1, room 357, Belgorod, Russia

tel. +7-4722-35-88-99, +7-910-360-14-99

e mail: polyterra@mail.ru, Official website: [www//polyterra.ru](http://www.polyterra.ru)

© Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education «Belgorod State Agricultural
University named after V. Gorin», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

<i>Д.Н. Бахарев</i> ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ВОЛНОВОЙ ТЕОРИИ УДАРА В ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ОБМОЛОТА ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ.....	9
<i>С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов, Ю.Н. Ульянов</i> К ВЫБОРУ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ КОРПУСА БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА С УЧЕТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПОДОГРЕВА СЫРЬЯ.....	16
<i>С.В. Вендин, В.А. Самсонов, Ю.В. Саенко, М.А. Семернина</i> ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НОЖЕЙ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА.....	26
<i>С.М. Гайдар, О.Н. Дидманидзе, А.Г. Пастухов, И.А. Посулько</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ.....	37
<i>К.В. Казаков, А.С. Колесников</i> ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА В ШНЕКОВОМ ПРЕССЕ.....	47
<i>А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев, А.А. Измалков</i> АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОТЕРИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА НШ-32А.....	62
<i>А.В. Кучер, Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов, В.В. Самуйло</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ПЕРИОД.....	70
<i>М.М. Разянов</i> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ АГРЕГАТОВ ТРАНСМИССИИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР.....	77
<i>М.И. Романченко</i> АНАЛИЗ МОЩНОСТНОГО БАЛАНСА ПРИ КАЧЕНИИ КОЛЕСА В ВЕДУЩЕМ РЕЖИМЕ.....	86
<i>Е.П. Тимашов, А.П. Тимашов, А.А. Миненко</i> ТЕРМОМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА КАРДАННОГО ШАРНИРА ПРИВОДА ЖАТКИ СЕРИО 770.....	94
<i>В.Ф. Узжик, С.И. Некипелов, О.В. Китаева, Ю.А. Китаев</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ И ОЦЕНКА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	105

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

<i>Е.Ж. Айшук, А.Т. Хусаинов, Р.К. Хусаинова, А.А. Сарсенова</i> ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА АГРОБИОИНОВ НА МИКРОФЛОРУ, ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ.....	129
<i>С.Ю. Булыгин, С.В. Витвицкий, Л.И. Кучер, Д.О. Антоноук</i> АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЯМОГО СЕВА И NO-TILL.....	141
<i>В.Т. Гордодов, А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, Р.А. Икусов</i> ПОВЫШЕНИЕ ФОТОАКТИВНОСТИ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИОННЫМ ПУТЕМ.....	151
<i>А.Г. Гурин, С.В. Резвякова</i> АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ.....	162
<i>М.Ю. Козырева, Л.Ж. Басиева</i> БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ЛЮЦЕРНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА АЗОТНОГО ПИТАНИЯ.....	168
<i>Е.Г. Котлярова, М.Н. Рязанов</i> ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОДСОЛНЕЧНИКА.....	176
<i>Т.С. Морозова, А.В. Ширяев, Т.А. Тимофеев</i> АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЦЕНОЗОВ И АГРОЦЕНОЗА.....	185
<i>З.Е. Ожерельева, А.А. Гуляева</i> УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕРЕШНИ К ВЕСЕННИМ ЗАМОРОЗКАМ.....	190

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

<i>Л.А. Александрова, Е.В. Васильева, И.Н. Меркулова</i> ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	198
<i>И.Н. Меренкова, А.И. Добрунова, А.А. Сидоренко, О.А. Жарикова</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ.....	208
<i>М.Н. Шевченко, А.Ф. Дорофеев, Д.Ю. Чугай, А.В. Лебедь</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И УРОВНЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	218
<i>М.В. Рыжкова, Т.Б. Варлачева</i> ПРЕОДОЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПУТЕМ ИНФОРМИРОВАНИЯ ФЕРМЕРОВ О СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ПЛАНИРОВАНИЕ ФОРСАЙТ-СЕССИИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ.....	229
НАШИМ АВТОРАМ.....	242

CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING AND ENERGY EFFICIENCY

<i>D.N. Baharev</i> APPLIED ASPECTS OF THE IMPACT WAVE THEORY IN THEORETICAL STUDIES OF CORN COBS THRESHING.....	9
<i>S.V. Vendin, A.Yu. Mamontov, Yu.N. Ulyantsev</i> TO THE CHOICE OF THERMAL INSULATION FOR THE CASE OF THE BIOGAS REACTOR, TAKING INTO ACCOUNT THE ADDITIONAL HEATING OF THE RAW MATERIAL.....	16
<i>S.V. Vendin, V.A. Samsonov, Yu.V. Saenko, M.A. Semernina</i> OPTIMIZATION OF CONSTRUCTION PARAMETERS OF KNIVES FOR GRINDING THE SPRINGED GRAIN.....	26
<i>S.M. Gaidar, O.N. Didmanidze, A.G. Pastukhov, I.A. Posunko</i> INVESTIGATION OF CORROSION RESISTANCE OF ELEMENTS OF FUEL SYSTEM OF AUTOTRACTOR EQUIPMENT UNDER INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS.....	37
<i>K.V. Kazakov, A.S. Kolesnikov</i> THEORETICAL ANALYSIS OF THE WORKING PROCESS OF PRESSING THE BEET PULP IN THE SCREW PRESS.....	47
<i>A.V. Kolomeichenko, V.N. Logachev, A.A. Izmalkov</i> ANALYSIS OF CAUSES OF PRODUCTIVITY LOSS AND PARTS WEAR OF HYDRAULIC GEAR ROTARY PUMP NSH-32A.....	62
<i>A.V. Кучер, E.E. Кузнецов, S.V. Щумов, V.V. Самуйло</i> RESEARCHES OF INCREASING THE EFFICIENCY OF USING AUTOMOTIVE SUPPORT IN THE AGRICULTURAL COMPLEX IN THE LOW-TEMPERATURE PERIOD.....	70
<i>M.M. Razyapov</i> INCREASING THE RELIABILITY OF TRANSMISSION UNITS OF AUTOTRACTOR EQUIPMENT WHEN OPERATING UNDER THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES.....	77
<i>M.I. Romanchenko</i> POWER BALANCE ANALYSIS DURING WHEEL ROLLING IN DRIVING MODE.....	86
<i>E.P. Timashov, A.P. Timashov, A.A. Minenko</i> THERMOMETRIC DIAGNOSTICS OF THE CARDAN JOINT OF THE HEADER DRIVE CERIO 770.....	94
<i>V.Ph. Uzhik, S.I. Nekipelov, O.V. Kitaeva, Yu.A. Kitaev</i> DETERMINATION OF CONSTRUCTIVE MODE PARAMETERS MOBILE UNIT FOR MILKING COWS AND EVALUATION HIS EFFICIENCY.....	105

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN AGRONOMY

<i>E.Z. Aishuk, A.T. Khusainov, R.K. Khusainova, A.A. Sarsenova</i> INFLUENCE OF THE PRODUCT OF AGROBIONES ON MICROFLORA AND THE NUTRIENT REGIME OF THE ORDINARY CHERNOZEM AND THE POTATO YIELD.....	129
<i>S.Yu. Bulygin, S.V. Vitvitsky, L.I. Kucher, D.O. Antonyuk</i> AGROPHYSICAL AND ENERGY ASPECTS OF DIRECT SEED AND NO-TILL.....	141
<i>V.T. Gorodov, A.V. Amelin, E.I. Chekalin, V.V. Zaikin, R.A. Ikuov</i> INCREASING THE PHOTOACTIVITY OF LEAVES SPRING WHEAT PLANTS BY SELECTION.....	151
<i>A.G. Gurin, S.V. Rezvyakova</i> ANALYSIS OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF USING SUGAR PRODUCTION WASTE ON SPRING WHEAT CROPS.....	162
<i>M.Yu. Kozyreva, L.Z. Basieva</i> BIOCHEMICAL INDEXES OF ALFALFA DEPENDING ON NITROGEN NUTRITION TYPE.....	168
<i>E.G. Kotlyarova, M.N. Ryazanov</i> VARIABILITY OF MORPHOMETRIC PARAMETERS AND PRODUCTIVITY INDICATORS OF SUNFLOWER.....	176
<i>T.S. Morozova, A.V. Shiryayev, T.A. Timofeev</i> AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF PHYTOTOXICITY OF SOIL OF NATURAL CENOSSES AND AGROCENOSIS.....	185
<i>Z.E. Ozherelieva, A.A. Gulyaeva</i> RESISTANCE OF SWEET CHERRIES TO SPRING FROSTS.....	190

INNOVATIVE ECONOMICS, MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES AND SOCIAL DEVELOPMENT OF RURAL TERRITORIES

<i>L.A. Aleksandrova, E.V. Vasileva, I.N. Merkulova</i> ASSESSMENT OF THE PRODUCTION POTENTIAL OF ORGANIC AGRICULTURE IN THE SARATOV REGION.....	198
<i>I.N. Merenkova, A.I. Dobrunova, A.A. Sidorenko, O.A. Zharikova</i> INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT OF RURAL AREAS ON THE BASIS OF PRIVATE - PUBLIC PARTNERSHIP.....	208
<i>M.N. Shevchenko, A.Ph. Dorofeev, D.Yu. Chugay, A.V. Lebed</i> MATHEMATICAL MODEL OF MONITORING THE ASSESSMENT OF EFFICIENCY AND LEVEL OF COMPETITIVENESS MEAT PROCESSING INDUSTRY.....	218
<i>M.V. Ryzhkova, T.B. Varlacheva</i> OVERCOMING RESISTANCE OF DIGITALIZATION BY INFORMING FARMERS ON MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE: PLANNING FORSIGHT SESSION AT REGIONAL LEVEL.....	229
OUR VIEWERS.....	242

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

УДК 631.361.022.003.13

Д.Н. Бахарев

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ВОЛНОВОЙ ТЕОРИИ УДАРА В ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ОБМОЛОТА ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ

Аннотация. В процессе обмолота початков кукурузы ударный импульс от рабочих органов молотильного устройства передаётся зерну, находящемуся в початке, при этом возникает затухающее волновое возмущение тканей зерна, а затем стержня. Если зерно рассматривать не как сплошной однородный объект, а как сложный биологический организм, состоящий из ряда оболочек, мучнистого и стекловидного эндосперма и зародыша, то становится очевидным, что ударная волна проходит несколько сред, вызывая в них разные реакции, деформации и колебания. При этом, становится понятным, что волна, дойдя до геометрического центра зерна вызывает его колебания, которые подчинены вполне определенным закономерностям. Независимо от точки приложения ударного импульса к поверхности зерна интенсивность вынужденных колебаний в каждой точке поверхности контакта разная, а как следствие и разная скорость релаксации данных точек. Следовательно, возникают частоты собственных колебаний в оболочке, способные резонировать с вынужденными колебаниями геометрического центра зерна или задавать ему вполне определённую траекторию колебательных смещений. Пройдя зерно насквозь, ударная волна проникает в ткани стержня и заставляет его поперечно колебаться подобно колеблющейся балочной системе, что вызывает отделение зерна от стержня на таком расстоянии от места приложения удара, где механическое смещение зерен смежных с нагруженным отсутствует. Данные явления описываются методами волновой теории удара в совокупности с основами реологии, что позволяет создавать обобщенные системные модели, отражающие сложные динамические процессы обмолота кукурузы. Результаты проведенных исследований являются составной частью разрабатываемой обобщенной теории обмолота семенной кукурузы, направленной на минимизацию макро- и микроповреждений зерна и сохранения потенциала его урожайности.

Ключевые слова: кукуруза, зерно, обмолот, ударная волна, закономерность.

APPLIED ASPECTS OF THE IMPACT WAVE THEORY IN THEORETICAL STUDIES OF CORN COBS THRESHING

Abstract. In the process of threshing corn cobs, the impact pulse from the working organs of the threshing device is transmitted to the grain located in the cob, while there is a damping wave perturbation of the grain tissues, and then the rod. If the grain is considered not as a solid homogeneous object, but as a complex biological organism consisting of a number of shells, mealy and vitreous endosperm and embryo, it becomes obvious that the impact wave passes through several media, causing different reactions, vibrations and deformations in them. At the same time, it becomes clear that the wave reaching the geometric center of the grain causes its vibrations, which are subject to quite certain laws. Regardless of the point of application of the impact pulse to the grain surface, the intensity of forced vibrations at each point of the contact surface is different, and as a result, the relaxation rate of these points is different. Consequently, there are frequencies of natural vibrations in the shell that can resonate with the vibrations of the geometric center of the grain or set it a well-defined trajectory of oscillatory displacements. After passing through the grain, the impact wave penetrates the rod tissue and causes it to oscillate longitudinally like a vibrating beam system, which causes the grain to separate from the rod at such a distance from the impact site, where there is no mechanical displacement of the grains adjacent to the loaded one. These phenomena are described by methods of wave impact theory in conjunction with the basics of rheology, which allows you to create generalized system models that reflect the complex dynamic processes of corn threshing. The results of the research are an integral part of the developed generalized theory of threshing seed corn, aimed at minimizing macro - and micro damage to the grain and preserving its yield potential.

Keyword: corn, grain, threshing, shock wave, pattern.

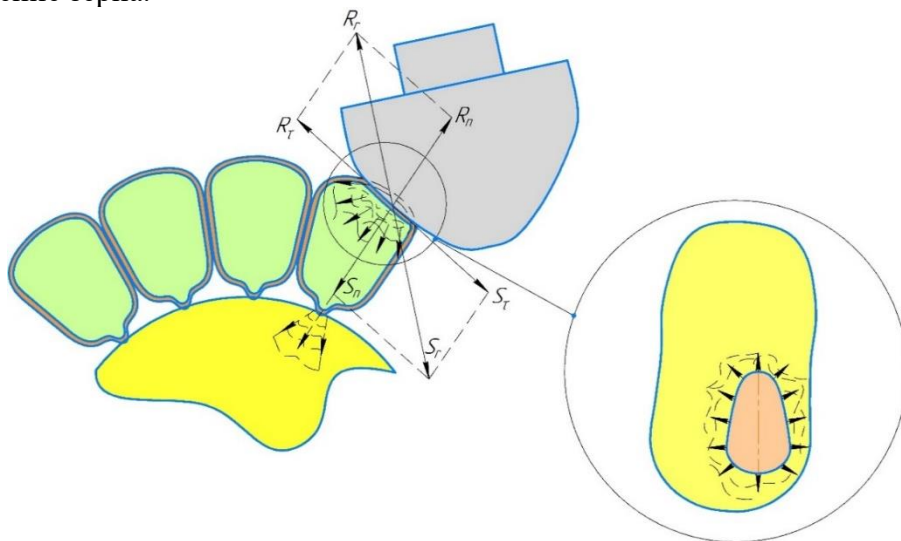
Введение. Проведенные теоретические исследования ударных явлений в процессе обмолота початков кукурузы способствуют решению прикладных задач Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства РФ на 2017-2025 гг., утвержденной постановлением Правительства РФ от 25.08.2017 г. № 996 направленных на создание эффективных сельскохозяйственных технологий переработки урожая семенной кукурузы.

Закономерности колебательных и деформационных явлений в тканях зерна кукурузы изучены недостаточно. Здесь еще не выделена базовая теория, а исследования ведутся в соответствии с личным видением данного вопроса каждого конкретного исследователя. Решить задачу формирования базовой теории по данному вопросу можно опираясь на методику, пред-

ложенную А.В. Кочетковым, доктором технических наук, профессором Пермского национального исследовательского политехнического университета [1]. Суть данной методики заключается в рассмотрении процесса распространения ударной волны, как поэтапного и последовательного явления в тканях ударяемого объекта. Это дает основание визуализировать этапы процессов, протекающие в ударно нагруженном зерне кукурузы и разработать обобщённые системные модели, выражающие закономерности изучаемых явлений. Частично подобный подход в СССР использовал доктор технических наук, профессор И.Н. Гуров, при математическом описании явления отделения зерен от стержня початка кукурузы на значительном удалении от места приложения ударного импульса [2]. Следовательно, изучение волновых явлений при ударе по зерну кукурузы в процессе обмолота с научной точки зрения весьма перспективно.

Объект и методы исследований. Объектом исследования является процесс многоэтапного распространения ударной волны в тканях зерна и стержня початков семенной кукурузы при обмолоте. В работе использовались общепринятые методы и методики системного анализа и теории систем, а именно методы прогностического моделирования.

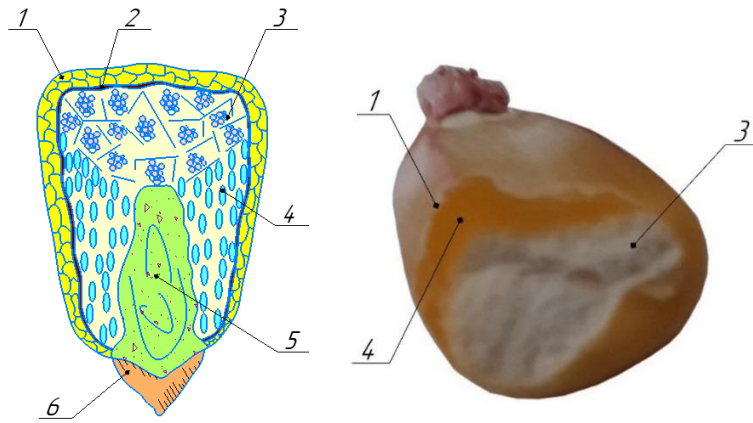
Результаты исследований и их обсуждение. В процессе удара початка о шипы молотильного устройства происходит локальная объемная деформация защитной оболочки зёрен (рисунок 1). При критических значениях данной деформации образуются макро- и микроповреждения, поэтому важно знать, как в трехмерном пространстве области деформации оболочки распределяются напряжения и давление, а также как на механическое возмущение реагируют ткани внутри самой оболочки. Это позволит математически определить закономерности деформационных явлений в оболочке, связать их с законами разрушения крепления зерна к стержню и в результате, всесторонне дифференцируя обмолочивающие силы, минимизировать повреждение зерна.



S_r, R_r – равнодействующая ударного импульса и равнодействующая реакция при косом ударе зерна о шип;
 S_n, S_r, R_n, R_r – нормальные и касательные составляющие равнодействующих

Рис. 1. Деформация зерновой оболочки

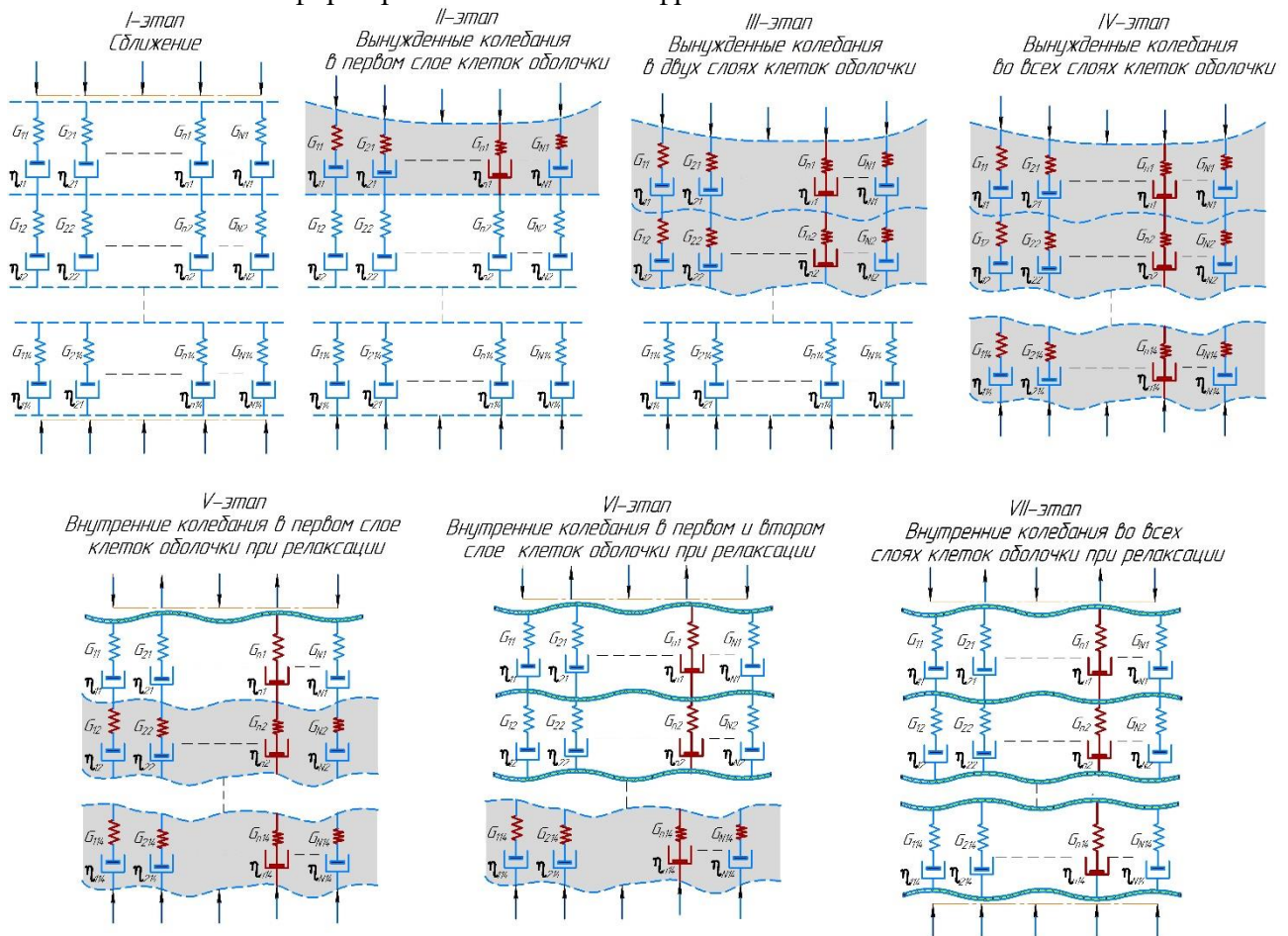
Согласно теории реологии, внутренние ткани защитной оболочки зерна кукурузы можно представить в виде обобщённой модели Максвелла[3]. Для описания ударных явлений была определена упрощённая структура строения зерна кукурузы как ударяемого объекта (рисунок 2). Снаружи зерно покрыто плодовыми, сильно развитыми оболочками, состоящими из большого числа (12...14) слоев клеток, толщина их достигает 0,3 мм, а вес 5,5...7,0% от веса зерна. Затем расположены тонкие семенные оболочки, состоящие из двух слоёв клеток, вес их около 2%. Семенная оболочка следует сразу за плодовой и через алейроновый слой, без резкого разделения, сопрягается с мучнистым и стекловидным эндоспермом. Зерно основанием крепится к стержню початка [4-6].



1 и 2 – плодовая и семенная оболочки, соответственно; 3 и 4 – мучнистый и стекловидный эндосперм, соответственно; 5 – зародыш; 6 – основание

Рис. 2. Базовая структура строения зерна кукурузы для изучения волновых явлений при ударе

В результате представления каждого слоя клеток защитной оболочки зерна как упруговязкого тела Максвелла предложена модель распространения ударных волн в оболочке (рисунок 3). Модель визуализирует упругие и пластические деформации тканей в клетках оболочки и формирование волнового фронта.

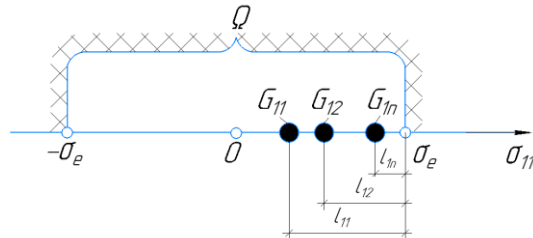


G – модуль упругого элемента; η – вязкость элемента

Рис. 3. Этапы распространения ударных волн в упруговязкой оболочке зерна кукурузы

Поскольку поверхность шипов молотильного устройства фасонной формы [4], то деформация оболочки в разных точках области контакта разная. Возникает сложное напряженное состояние [7]. В одних точках упругая и пластическая деформация достигает экстремума, а в других она значительно меньше. Кроме того, ударная волна (вынужденное

колебание) ударным фронтом проходит последовательно, через каждый слой клеток оболочки (см. рисунок 3, этап II - IV) и уходит через ткани эндосперма к геометрическому центру зерна, вибрации которого передаются основанию зерна и всем тканям стержня початка. Также последовательно происходит релаксация упругих тканей оболочки (см. рисунок 3, этап V - VII). При этом пластичные ткани остаются деформированными, а упругие возвращаются в первоначальное положение. Кроме того, даже в пределах одного слоя клеток оболочки релаксация упругих тканей в различных точках поверхности контакта по-разному растянута во времени, что связано с разной степенью приближения к границе упругости (рисунок 6).



Ω – граница упругости; $\pm\sigma_e$ – координаты границы упругости на оси напряжений; G_{11}, G_{12}, G_{1n} – состояние разных точек упругих тканей оболочки, соответствующее II – этапу распространения ударных волн в упруговязкой оболочке зерна кукурузы (см. рисунок 3); $l_{11} \dots l_{1n}$ – приближение к границе упругости

Рис. 4. Граница упругости материала оболочки зерна кукурузы в виде одноосного напряженного состояния

В результате в оболочке генерируются собственные колебания и если в этот момент по зерну ударить еще раз, например, лопастью ротора по свободному зерну, то возникает вероятность резонансных явлений, способствующих разрушению оболочки зерна. Это указывает на необходимость скорейшей эвакуации обмолоченного зерна из зоны активного действия рабочих органов молотильного устройства.

Ударная волна не локализуется только в оболочке, она в виде объемного поля (рисунок 5, а) проходит мучнистый и стекловидный эндосперм, достигая геометрического центра зерна (рисунок 5, б), а затем через основание зерна проникает в ткани стержня початка. Геометрический центр зерна, как и оболочка колеблется в пространстве значительно дольше чем длился сам удар и эти колебания могут резонировать с колебаниями оболочки. В результате возникает вероятность отслоения и разрыва эндосперма, а также внутренних повреждений тканей зародыша.

Ударная волна, проникнув в стержень початка, распространяется вдоль его твердых тканей и может разрывать связь стержня с зернами на значительном удалении от ударяемого зерна.

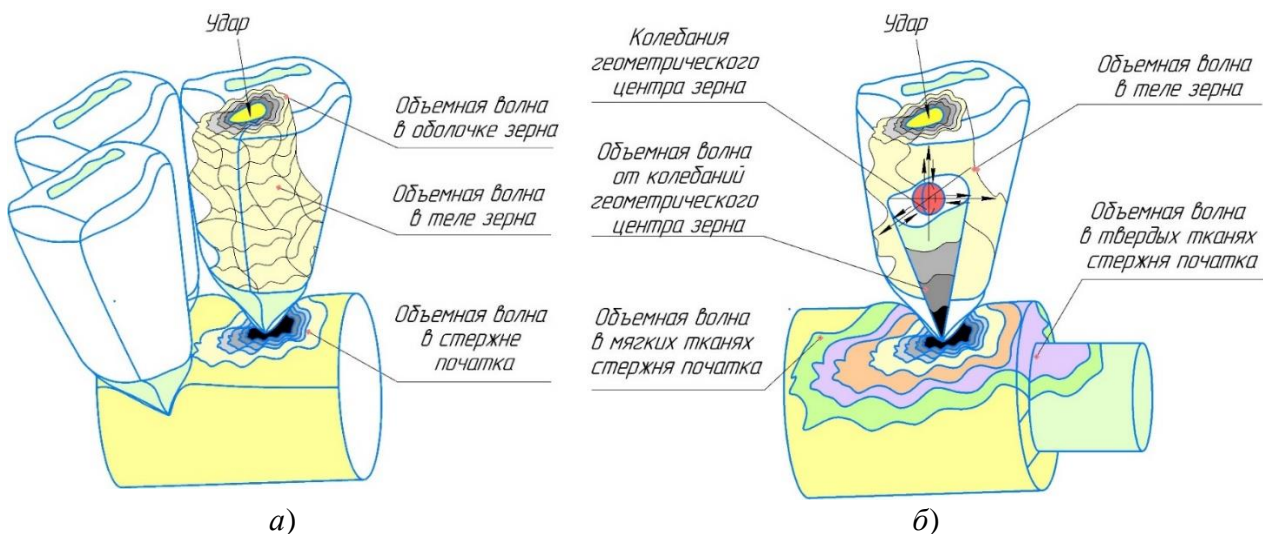


Рис. 5. Распространение ударной волны при обмолоте початков кукурузы
а - волна в теле зерна; б - волна в тканях стержня початка

Геометрический центр зерна под действием продольной и поперечной ударной волны совершает вынужденные затухающие пространственные колебания (рисунок 6)

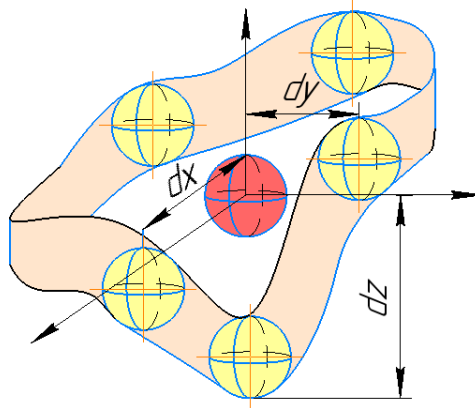


Рис. 6. Пространственные вынужденные колебания геометрического центра зерна

Перемещения dx , dy вызванные поперечной ударной волной вызывают смещения смежных зерен, находящихся в плотном контакте с ударяемым. Перемещения dz вызваны продольной ударной волной и способствуют разрыву связи зерна со стержнем, а также приводят к вибрациям плотных тканей стержня и отделению зерен на значительном удалении от ударяемого зерна.

Очевидно, что описанные выше явления неразрывно связаны не только со строением зерна, но и со значением ударного импульса, вызванного действием рабочего органа. Следовательно, ударный импульс должен так действовать на оболочку, чтобы в ней не оставалось остаточных деформаций [8, 9], но при этом геометрический центр зерна под действием ударной волны осуществлял продольные и поперечные колебания в пределах, способствующих разрушению связи зерна со стержнем.

Вышеприведенные рассуждения дают основания создать обобщённую системную модель, упрощающую построение плана теоретических исследований в данном направлении:

$$\int_0^{\tau} F_{y\delta} dt = \begin{cases} \Delta l_{nn} = \Phi(l_{nn} \wedge Q_{nn} \wedge S_{nn} \wedge E); \\ \Delta l_{n\delta} = \Phi(l_{n\delta} \wedge N_{n\delta} \wedge S_{n\delta} \wedge E); \\ s_{nn} = \Phi(V_{nn} \wedge \lambda_{nn} \wedge A_{nn} \wedge \beta_{nn}); \\ s_{n\delta} = \Phi(V_{n\delta} \wedge \lambda_{n\delta} \wedge A_{n\delta} \wedge \beta_{n\delta}). \end{cases} \quad (1)$$

где τ – продолжительность удара, с;

$F_{y\delta}$ – сила удара, Н;

dt – функция времени контакта зерна с шипом, с;

Δl_{nn} – максимальная поперечная деформация оболочки зерна в области контакта, м;

$\Delta l_{n\delta}$ – максимальная продольная деформация оболочки зерна в области контакта, м;

s_{nn} – максимальное поперечное смещение геометрического центра зерна от положения равновесия под воздействием ударной волны, м;

$s_{n\delta}$ – максимальное продольное смещение геометрического центра зерна от положения равновесия под воздействием ударной волны, м;

Φ – системный знак функции;

\wedge – знак логической операции конъюнкции (союза);

l_{nn} – начальная длина оболочки зерна в предполагаемой области контакта, м;

$l_{n\delta}$ – начальная толщина оболочки зерна до контакта, м;

Q_{nn} – сила, деформирующая область контакта в поперечном направлении, Н;

$N_{n\delta}$ – сила, деформирующая область контакта в продольном направлении, Н;

S_{nn} – площадь поперечного сечения деформированной оболочки, м²;

$S_{n\delta}$ – площадь продольного сечения деформированной оболочки, м²;

E – модуль Юнга материала оболочки, МПа;

V_{nn} – скорость распространения поперечной ударной волны в области геометрического центра зерна;

V_{nd} – скорость распространения продольной ударной волны в области геометрического центра зерна;

λ_{nn} – длина поперечной волны в области геометрического центра зерна;

λ_{nd} – длина продольной волны в области геометрического центра зерна;

A_{nn} – амплитуда поперечной волны в области геометрического центра зерна;

A_{nd} – амплитуда продольной волны в области геометрического центра зерна;

β_{nn} – коэффициент затухания поперечной волны в области геометрического центра зерна;

β_{nd} – коэффициент затухания продольной волны в области геометрического центра зерна.

В результате вышеизложенных рассуждений и на основании предложенной системной модели можно заключить, что определение рационального значения ударного импульса при обмолоте кукурузы требует четкого понимания закономерностей протекания не только силовых и деформационных, но и волновых явлений, что полноценно раскрывает динамику изучаемого процесса.

Выводы. В результате обобщения приведенных соображений отмечаем следующее.

1. Дифференцированный обмолот початков кукурузы – это сложный процесс, динамично изменяющийся во времени и характеризующийся большим количеством действующих факторов. Дифференцирование механического воздействия на зерно при обмолоте требует понимания процессов, протекающих не только на поверхности, но и внутри зерна.

2. Динамику физических явлений внутри зерна, протекающих при его взаимодействии с рабочими органами молотилок можно математически описать, используя не только постулаты классической механики, но и волновую теорию удара. В этом случае прослеживаются все этапы механических перемещений тканей в зерне, что позволяет осуществлять более полное математическое моделирование процесса.

3. Результаты исследований обуславливают базис для всестороннего обоснования основных моделей обобщенной теории обмолота семенной кукурузы, направленной на минимизацию макро- и микроповреждений зерна и сохранения потенциала его урожайности.

Библиография

1. Кочетков А.В. Некоторые вопросы теории удара // Институт Государственного управления, права и инновационных технологий (ИГУПИТ). НАУКОВЕДЕНИЕ. 2013. №5. С. 1-15. Интернет-журнал. Электронный ресурс. Режим доступа <https://naukovedenie.ru/PDF/110tvn513.pdf>.
2. Гуров И.Н. Механико-технологические основы обмолота кукурузы: автореф. дис. на соиск. науч. степени д-ра. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» Новочеркасский политехнический институт, 1965. 37 с.
3. Eirich R. Frederick. Rheology. Theory and applications. Brooklyn, New York. Polytechnic Institute of Brooklyn. 1956. 824 p.
4. Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф., Пастухов А.Г. Бионические основы конструирования молотильно-сепарирующих систем для початков кукурузы: монография. п. Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. 2018. 168 с.
5. Петунина И.А. Обмолот початков кукурузы: монография. Краснодар: КубГАУ, 2006. 200 с.
6. Курасов В.С., Куцеев В.В., Самурганов Е.Е. Механизация работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве кукурузы: монография. Краснодар: КубГАУ, 2013. 151 с.
7. Филин А.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. Том.1. М.: Наука. 1975. 832 с.
8. Dmitriy Bakharev, Alexander Pastukhov, Sergey Volvak, Olga Sharaya. The substantiation of deck parameters of the rotary threshing device. Latvia University of Life Sciences and Technologies Faculty of Engineering, International Scientific Conference Engineering for rural development, proceedings, volume 18, May 22-24, 2019, Pp 481-486.
9. Бахарев Д.Н. Обобщенная задача и концепция теории обмолота сортовой и гибридной кукурузы // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 3 (23). С. 23-29.

References

1. Kochetkov A. V. Nekotorye voprosy teorii udara [Some questions of the theory of impact] // Institute Gosudarstvennogo Upravleniya, Prava i Innovacionnyh Tekhnologij (IGUPIT). NAUKOVEDENIE. 2013. №5. S. 1-15. Internet-zhurnal. Elektronnyj resurs. Rezhim dostupa <https://naukovedenie.ru/PDF/110tvn513.pdf>.
2. Gurov I. N. Mekhaniko-tehnologicheskie osnovy obmolota kukuruzy [Mechanical and technological bases of corn threshing]: avtoref. dis. na soisk. nauch. stepeni d-ra. tekhn. nauk: spec. 05.20.01 «Mekhanizaciya sel'sko-hozyajstvennogo proizvodstva» Novocherkasskij politekhnicheskij institut, 1965. 37 p.
3. Eirich R. Frederick. Rheology. Theory and applications. Brooklyn, New York. Polytechnic Institute of Brooklyn. 1956. 824 p.
4. Baharev D. N., Volvak S. F., Pastuhov A. G. Bionicheskie osnovy konstruirovaniya molotil'no-separiruyushchih sistem dlya pochatkov kukuruzy: monografiya. [Bionic basis for the design of threshing and separating systems for corncobs]. Majskij: FGBOU VO Belgorodskij GAU, 2018. 168 p.
5. Petunina I. A. Obmolot pochatkov kukuruzy [Threshed corncobs]: monografiya. Krasnodar: KubGAU, 2006. 200 p.
6. Kurasov V. S., Kuceev V. V., Samurganov E. E. Mekhanizaciya rabot v selekcii, sortoispytanii i pervichnom semenovodstve kukuruzy [Mechanization of work in selection, variety testing and primary seed production of maize]: monografiya. Krasnodar: KubGAU, 2013. 151 p.
7. Filin A. P. Prikladnaya mekhanika tverdogo deformiruемого tela [Applied mechanics of a solid deformable body]. Tom.1. M.: Nauka, 1975. 832 p.
8. Dmitriy Bakharev, Alexander Pastukhov, Sergey Volvak, Olga Sharaya. The substantiation of deck parameters of the rotary threshing device. Latvia University of Life Sciences and Technologies Faculty of Engineering, International Scientific Conference Engineering for rural development, proceedings, volume 18, May 22-24, 2019, Pp 481-486.
9. Baharev D. N. Obobshchennaya zadacha i koncepciya teorii obmolota sortovoj i gibridnoj kukuruzy [Generalized problem and concept of the theory of threshing varietal and hybrid corn] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2019. № 3 (23). Pp. 23-29.

Сведения об авторе

Бахарев Дмитрий Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и конструирования машин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина», ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 4722 39-12-33 e-mail: baharevdn_82@mail.ru.

Information about authors

Baharev Dmitriy N., candidate of technical sciences, docent of the department of technical mechanics and construction of machines Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova,1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, telephone +7 4722 39-12-33 e-mail: baharevdn_82@mail.ru.

УДК 621.311.182; 536.24

С.В. Вендин, А.Ю. Мамонтов, Ю.Н. Ульянов

К ВЫБОРУ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ КОРПУСА БИОГАЗОВОГО РЕАКТОРА С УЧЕТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПОДОГРЕВА СЫРЬЯ

Аннотация. В статье предлагается многокамерная конструкция установки анаэробной переработки органических отходов, обеспечивающая непрерывность процесса получения биогаза. В случае недостатка теплоты производимой во время химической реакции брожения для обеспечения технологического режима используют дополнительные (сторонние) источники теплоты. Необходимость поддержания регламента температурного режима в реакторе накладывает определенные требования к выбору материала теплоизоляции для корпуса биогазового реактора. Приведены результаты анализа влияния толщины и теплофизических характеристик теплоизоляции (стенки) на выбор установленной мощности равномерно распределенных внутри рабочего объема биореактора дополнительных (сторонних) источников теплоты и распределение температуры внутри биореактора. В основу анализа положены расчетные зависимости на основе решения уравнения теплопроводности Фурье в слоистых средах. Рассматривалась одномерная задача. На наружной поверхности стенки принимались граничные условия третьего рода. Между внутренней поверхностью стенки и внутренним объемом биомассы внутри реактора обеспечивались условия сопряжения температурных полей и тепловых потоков четвертого рода. Установлено, что необходимая установленная мощность дополнительных источников теплоты существенно зависит от температуры наружной среды вне реактора, но практически не зависит от толщины изоляции стенки реактора. В исследуемом диапазоне изменения коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) от 0,03 Вт/(м·К) до 0,05 Вт/(м·К) для выбора мощности дополнительных источников теплоты определяющей является наружная температура среды вне реактора T_c . Перепад температур между центром и внутренней стенкой реактора не превышает 1°C. Однако с увеличением толщины теплоизоляции (стенки) биореактора абсолютная температура внутри него, хотя и несущественно, но повышается. При изменении коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) и наружной температуры воздуха перепад температур между центром и внутренней стенкой реактора составляет не превышает 1°C. Однако с уменьшением коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) абсолютная температура внутри него, хотя и несущественно, но повышается.

Ключевые слова: биогазовый реактор, источники теплоты, теплоизоляционные материалы, мощность, температурное поле.

TO THE CHOICE OF THERMAL INSULATION FOR THE CASE OF THE BIOGAS REACTOR, TAKING INTO ACCOUNT THE ADDITIONAL HEATING OF THE RAW MATERIAL

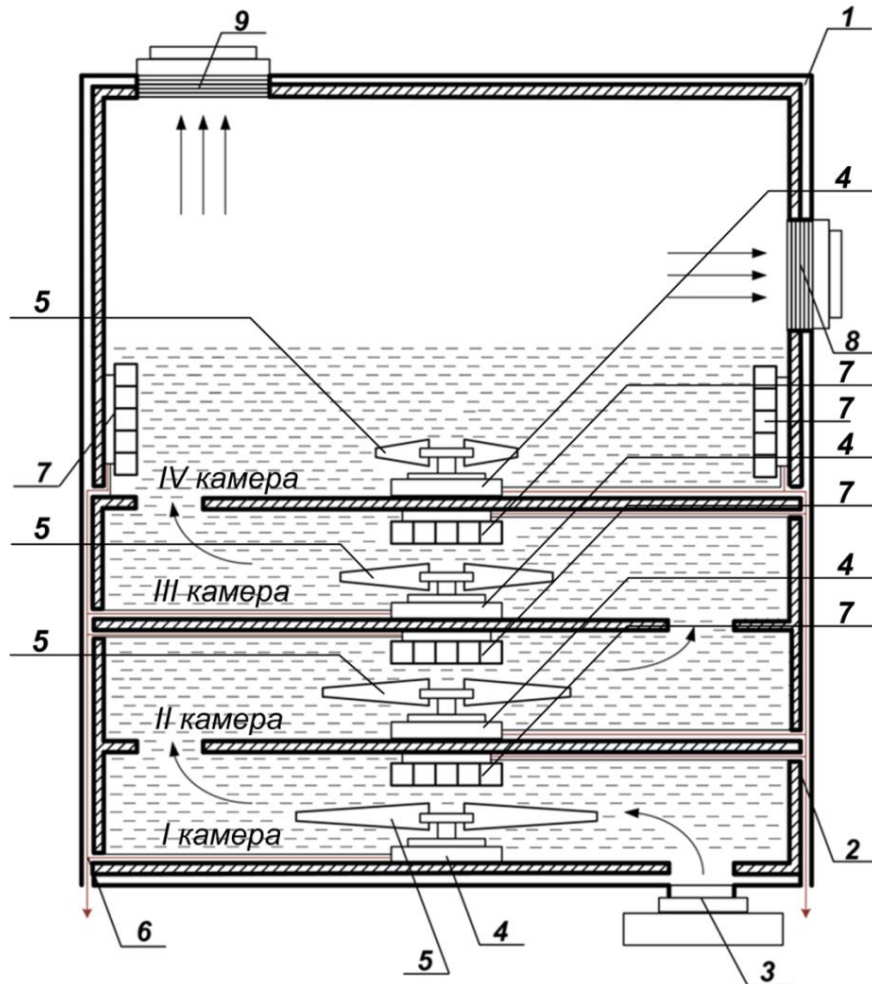
Abstract. The article proposes a multi-chamber design of an anaerobic organic waste processing unit, ensuring the continuity of the biogas production process. If there is a lack of heat produced during the chemical fermentation reaction, additional (third-party) heat sources are used to ensure the technological regime. The need to maintain the temperature regime in the reactor imposes certain requirements on the choice of thermal insulation material for the biogas reactor vessel. The results of the analysis of the influence of the thickness and thermophysical characteristics of the thermal insulation (wall) on the choice of the installed power of additional (third-party) heat sources evenly distributed inside the bioreactor working volume and the temperature distribution inside the bioreactor are presented. The analysis is based on calculated dependences based on the solution of the Fourier heat equation in layered media. A one-dimensional problem was considered. On the outer surface of the wall, boundary conditions of the third kind were adopted. Between the inner wall surface and the internal biomass volume inside the reactor, the conditions of conjugation of temperature fields and heat flows of the fourth kind were provided. It was established that the required installed capacity of additional heat sources significantly depends on the temperature of the external environment outside the reactor, but practically does not depend on the thickness of the insulation of the reactor wall. In the studied range of changes in the thermal conductivity of the thermal insulation (wall) from 0.03 W / (m·K) to 0.05 W / (m·K), the external temperature outside the reactor T_c is decisive for choosing the power of additional heat sources. The temperature difference between the center and the inner wall of the reactor does not exceed 1 °C. However, with an increase in the thickness of the thermal insulation (wall) of the bioreactor, the absolute temperature inside it, although insignificantly, increases. With a change in the thermal conductivity of the thermal insulation (wall) and the outside air temperature, the temperature difference between the center and the inner wall of the reactor does not exceed 1 °C. However, with a decrease in the thermal conductivity of the thermal insulation (wall), the absolute temperature inside it, although insignificantly, increases.

Keywords: biogas reactor, heat sources, heat-insulating materials, power, temperature field.

Введение. Разработка вопросов применения и эффективного использования альтернативных и возобновляемых источников энергии является актуальной. В связи с этим актуальной является и переработка органических отходов в биогаз [1-7]. Традиционная конструкция биогазового реактора представляет собой цельную емкость, в которой процесс сбраживания

происходит в едином перемешивающем режиме при соблюдении определенных температурно-влажностных режимов в зависимости от типа брожения.

Основные результаты. Для обеспечения непрерывности процесса получения биогаза предлагается многокамерная конструкция установки анаэробной переработки органических отходов, содержащая ёмкость, разделенную на 4 камеры; систему обогрева биомассы до нужной температуры в каждой камере; усовершенствованную систему перемешивания в каждой камере (рисунок 1).



1 - емкость реактора; 2 - теплоизоляционная защита; 3 – компрессор загрузки сырья; 4 – регулируемый электропривод; 5 - двулостевая мешалка; 6 - силовые и информационные кабели коммутации; 7 - нагревательный элемент; 8 - компрессор для выкачки отработанного сырья; 9 – компрессор для откачки биогаза в газгольдер

Рис. 1. Схема биогazового реактора непрерывной загрузки сырья

Особенностью конструкции является то, что длины лопастей-мешалок в системе перемешивания пропорционально уменьшаются от нижней камеры к верхней камере. Биогazовый реактор работает следующим образом. Из нижнего отверстия (3) биомасса движется вверх по камерам. В каждой камере биомасса перемешивается двулостевыми мешалками (5), вращаемыми электроприводом (4), и подогревается нагревательными элементами (7). По истечению цикла сбразивания, отработанный субстрат откачивается в отверстие для слива отработанного сырья (8). Выход биогаза осуществляется в специальное отверстие (9). В биогazовом реакторе непрерывной загрузки сырья предусмотрены: теплоизоляционная защита (2), обеспечивающая поддержание температуры и кабельные каналы (6) для коммутации силовых и информационных кабелей.

В предлагаемой конструкции биогazового реактора обеспечивается непрерывный цикл анаэробного сбразивания, повышается эффективность переработки отходов животноводческого и растениеводческого субстрата за счет уменьшения длин мешалок от ранней фазы к

более поздней и покамерного разделения реактора, способствующего обеспечению индивидуального температурного режима для каждой фазы сбраживания. Кроме того использование установки экономит энергозатраты на обогрев массы, а также повышает эффективность выхода биогаза за счет отсутствия разрыва связи между бактериями, участвующими в процессе анаэробного сбраживания.

Известно, что при производстве биогаза из органического сырья важно учитывать его состав и особенности технологических режимов процесса брожения. Несмотря на разнообразие состава сырья и микроорганизмов, определяющих процесс газообразования на настоящее время выделяют три основных температурных режима сбраживания: психрофильный (20...25 °С), мезофильный (25...40 °С) и термофильный (свыше 40 °С). При этом рекомендуется, кроме поддержания средних температур, обеспечивать также ограничения по допустимым колебаниям температуры в течение определенного времени. Колебания температуры могут составлять от $\pm 0,5$ °С/ч (при термофильном режиме) до ± 2 °С/ч (при психрофильном режиме) [2, 5].

Необходимость поддержания регламента температурного режима в реакторе накладывает определенные требования к выбору материала теплоизоляции для корпуса биогазового реактора. Анализ, приведенный в работах [8-11] показал, что надежная теплоизоляция зданий позволяет экономить значительное количество энергии, расходуемой в зимнее время на обогрев помещений, а в летнее время – на охлаждение и кондиционирование. По статистике 40% всей электроэнергии используется в зданиях и 2/3 ее расходуется на отопление и охлаждение. В настоящее время рынок насыщен различными искусственными теплоизолирующими материалами. Использование высокотехнологичных качественных теплоизоляционных материалов позволяет уменьшить толщину ограждающих конструкций, что дает возможность увеличить полезную площадь помещений и уменьшить нагрузку на основание. Основными свойствами теплоизоляционных материалов являются влажность, водопоглощение, пористость, паропроницаемость, плотность, теплоемкость, максимальная температура эксплуатации и др.

Однако для обеспечения температурных режимов определяющими являются такие параметры, как коэффициент теплопроводности λ (для стационарного режима) и коэффициент температуропроводности a (для нестационарных условий):

– коэффициент теплопроводности λ , параметр определяется количеством теплоты (Вт), отданным 1 м² площади;

- коэффициент температуропроводности a , зависящий от коэффициента теплопроводности λ , плотности ρ и теплоемкости c стенки и внутренней среды

$$a = \lambda / \rho c. \quad (1)$$

Согласно полученным в работе [11] результатам можно отметить, что для стационарных условий коэффициент теплопроводности λ для большинства применяемых теплоизоляционных материалов составляет 0,03...0,05 Вт/м², а для нестационарных условий из теплоизоляционных материалов наименьшим коэффициентом температуропроводности обладают материалы на деревянной основе, а из искусственных материалов – пенополиуретан. Следовательно, их наиболее целесообразно включать в теплоизоляционные покрытия для условий резкой смены температуры окружающей среды.

В ходе химических реакций, происходящих в биореакторе, происходит выделение определенного количества теплоты. В тоже время при недостатке теплоты для обеспечения температурного режима используют подогрев массы с помощью дополнительных (сторонних) источников теплоты [12-13]. В качестве средств дополнительного подогрева можно использовать различные теплообменные аппараты или электрические нагреватели (ТЭНы). Поэтому задача состоит в оптимальном выборе установленной мощности дополнительных источников теплоты.

Согласно теоретическому анализу на основе решений уравнения теплопроводности Фурье, приведенному в работе [14] в первом приближении физическую модель биореактора можно определить в виде сплошного цилиндра радиусом R_1 (рабочий объем реактора) и высотой H , окруженного цилиндрической оболочкой (стенкой) с толщиной Δ . При этом наружный радиус конструкции будет равен $R_2 = R_1 + \Delta$.

Распределение температурного поля внутри конструкции будет зависеть от установленной мощности дополнительных (сторонних) источников теплоты, которые можно расположить внутри рабочего объема реактора и от условий теплообмена снаружи объекта.

Возможно-допустимый технологический диапазон изменения температуры при сбраживании можно определить следующим образом: как разницу значений температурного поля между центром биореактора $T_1(0)$ и у внутренней стенки биореактора $T_1(R)$:

$$\Delta T_1 = T_1(0) - T_1(R), \quad (2)$$

или как разницу значений температурного поля между температурой на оси биореактора $T_{кр} = T_1(0)$ и температурой снаружи (окружающей среды) T_c :

$$\Delta T = T_1(0) - T_c. \quad (3)$$

В том случае, когда внутренние источники теплоты присутствуют только внутри объема реактора, условия теплообмена на наружной поверхности стенки определяются граничными условиями третьего рода, а между внутренней поверхностью стенки и внутренним объемом биомассы внутри реактора обеспечиваются условия сопряжения температурных полей и тепловых потоков четвертого рода, температурные поля в реакторе описываются выражениями:

$$T_1(r) = T_c + \frac{q_1}{4\lambda_1} (D_3 - r^2), \quad 0 \leq r \leq R_1, \quad (4)$$

$$T_2(r) = T_c + \frac{q_1}{4\lambda_1} (D_1 \ln(R_2/r) + D_2), \quad R_1 \leq r \leq R_2, \quad (5)$$

где D_1, D_2, D_3 постоянные коэффициенты, определяемые согласно выражений

$$D_1 = 2(\lambda_1/\lambda_2)R_1^2, \quad (6)$$

$$D_2 = D_1(\lambda_2/\alpha)(1/R_2), \quad (7)$$

$$D_3 = R_1^2 + D_1 \ln(R_2/R_1) + D_2, \quad (8)$$

где $T_1(r)$ – температурное поле внутри реактора; $T_2(r)$ – температурное поле в стенке реактора; T_c – температура окружающей среды; r – расстояние от оси реактора; R_1 – внутренний радиус реактора; R_2 – внешний радиус реактора; $q_1(r)$ – мощность внутренних (дополнительных (сторонних)) источников теплоты во внутреннем объеме реактора; λ_1 – коэффициент теплопроводности биогазовой среды; λ_2 – коэффициент теплопроводности стенки реактора.

Для обеспечения возможно-допустимого технологического диапазона изменения температуры при сбраживании ΔT_1 (2) установленная тепловая мощность источников P определяется выражением:

$$P = 4\pi\lambda_1 H \Delta T_1, \quad (9)$$

где H – высота реактора, λ_1 – коэффициент теплопроводности биогазовой среды.

Для обеспечения возможно-допустимого технологического диапазона изменения температуры при сбраживании ΔT (3) установленная тепловая мощность источников P определяется выражением:

$$P = 4\pi\lambda_1 H \Delta T F(R_1, \Delta, \lambda_2, \alpha), \quad (10)$$

где $F(R_1, \Delta, \lambda_2, \alpha)$ – безразмерная функция, учитывающая свойства стенки и условий теплообмена:

$$F(R_1, \Delta, \lambda_2, \alpha) = 1/[1 + 4\lambda_1/(N_u\lambda_c) - 2(\lambda_1/\lambda_2)\ln(R_1/(R_1 + \Delta))], \quad (11)$$

где Δ – толщина стенки; R_1 – внутренний радиус реактора; λ_c – коэффициент теплопроводности внешней среды; λ_1 – коэффициент теплопроводности биогазовой среды; λ_2 – коэффициент теплопроводности стенки реактора; N_u – безразмерный критерий Нусельта для условий теплообмена:

$$N_u = 2R_2\alpha/\lambda_c, \quad (12)$$

где α – коэффициент теплоотдачи на внешней поверхности, R_2 – внешний радиус реактора.

Ниже приведены результаты анализа влияния толщины Δ и теплофизических характеристик теплоизоляции (стенки) на выбор установленной мощности равномерно распределенных внутри рабочего объема биореактора дополнительных (сторонних) источников теплоты и распределение температуры внутри биореактора.

При анализе учитывались теплофизические параметры теплоизоляционных материалов, свойственных материалам на деревянной основе и пенополиуретану [8, 11].

Результаты расчетов установленной мощности дополнительных (сторонних) источников теплоты при изменении толщины теплоизоляции (стенки) Δ и наружной температуры воздуха T_c приведены на рисунке 2. Расчеты проводились при следующих значениях параметров: $\lambda_1=0,6$ Вт/(м·К), $\lambda_2=0,04$ Вт/(м·К), $\lambda_c=0,022$ Вт/(м·К), $H=5$ м, $R_1=5$ м, $N_u=2$, $T_1(0)=45^\circ\text{C}$.

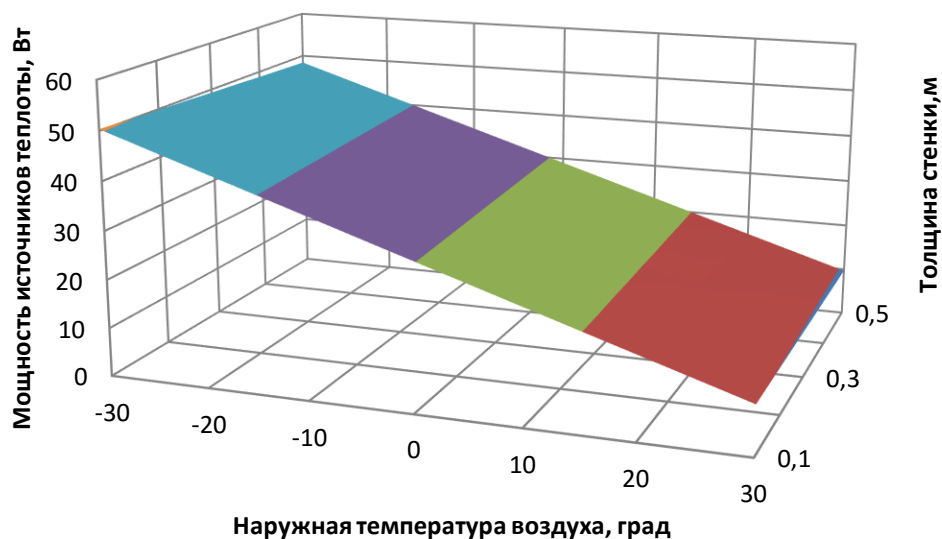


Рис. 2. Установленная мощность дополнительных (сторонних) источников теплоты при изменении толщины теплоизоляции (стенки) Δ и наружной температуры воздуха T_c при $\lambda_2=0,04$ Вт/(м·К).

Характер представленной на рисунке 2 поверхности указывает на то, что необходимая установленная мощность дополнительных источников теплоты существенно зависит от температуры наружной среды вне реактора T_c , но практически не зависит от толщины изоляции стенки реактора Δ .

Результаты расчетов установленной мощности дополнительных (сторонних) источников теплоты при изменении теплопроводности теплоизоляции (стенки) λ_2 и наружной температуры воздуха T_c приведены на рисунке 3. Расчеты проводились при следующих значениях параметров: $\lambda_1=0,6$ Вт/(м·К), $\Delta=0,5$ м, $\lambda_c=0,022$ Вт/(м·К), $H=5$ м, $R_1=5$ м, $N_u=2$, $T_1(0)=45^\circ\text{C}$.

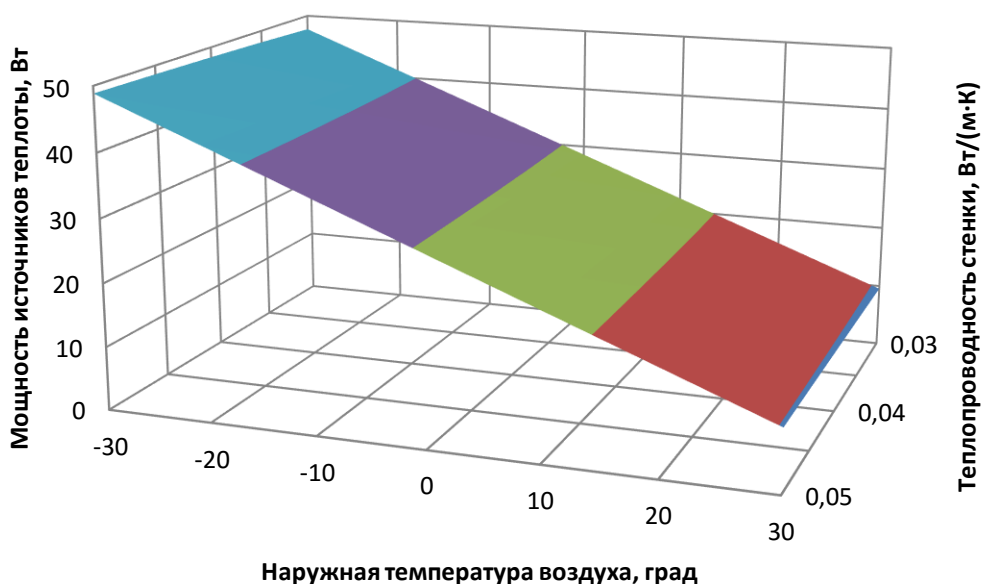


Рис. 3. Установленная мощность дополнительных (сторонних) источников теплоты при изменении коэффициента теплопроводности стенки λ_2 и наружной температуры воздуха T_c при $\Delta=0,5$ м.

Заметим, что в исследуемом диапазоне изменения коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) λ_2 от 0,03 Вт/(м·К) до 0,05 Вт/(м·К) для выбора мощности дополнительных источников теплоты, как и первом случае (рисунок 2), определяющей является наружная температура среды вне реактора T_c .

Следующим важным аспектом является величина разности температур между центром реактора и внутренней поверхностью стенки.

Ниже на рисунке 4 расчетные значения температурного поля внутри биореактора в зависимости от толщины теплоизоляции (стенки) при следующих значениях параметров: $\lambda_1=0,6$ Вт/(м·К); $\lambda_2=0,04$ Вт/(м·К); $\lambda_c=0,022$ Вт/(м·К); $H=5$ м; $R_1=5$ м; $T_{кр}=45$ °С; $N_u=2$; $T_c=0$ °С; $P=30$ Вт.

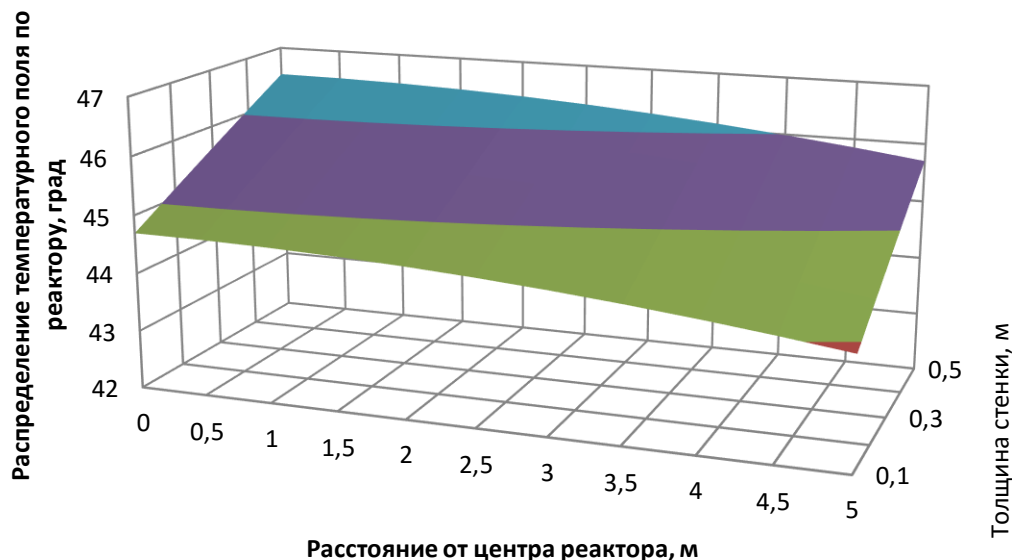


Рис. 4. Распределение температурного поля внутри биореактора при изменении толщины теплоизоляции (стенки) Δ .

Анализ поверхности представленной на рисунке 4 показывает, что перепад температур между центром и внутренней стенкой реактора не превышает 1°С ($\Delta T=0,796$ °С). Однако с увеличением толщины теплоизоляции (стенки) биореактора Δ абсолютная температура внутри него, хотя и несущественно, но повышается и составляет: $T_1(0)=44,69$ °С при $\Delta=0,1$ м; $T_1(5)=47,70$ °С при $\Delta=0,5$ м.

Результаты расчетов распределения температурного поля внутри биореактора при изменении коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) λ_2 и наружной температуры воздуха T_c приведены на рисунке 5. Расчеты проводились при следующих значениях параметров: $\lambda_1=0,6$ Вт/(м·К); $\Delta=0,5$ м; $\lambda_c=0,022$ Вт/(м·К); $H=5$ м; $R_1=5$ м; $T_{кр}=45$ °С; $N_u=2$; $T_c=0$ °С; $P=30$ Вт. Для наглядности изменение коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) λ_2 от 0,03 Вт/(м·К) до 0,05 Вт/(м·К) в исследуемом диапазоне представлено с убыванием от наблюдателя.

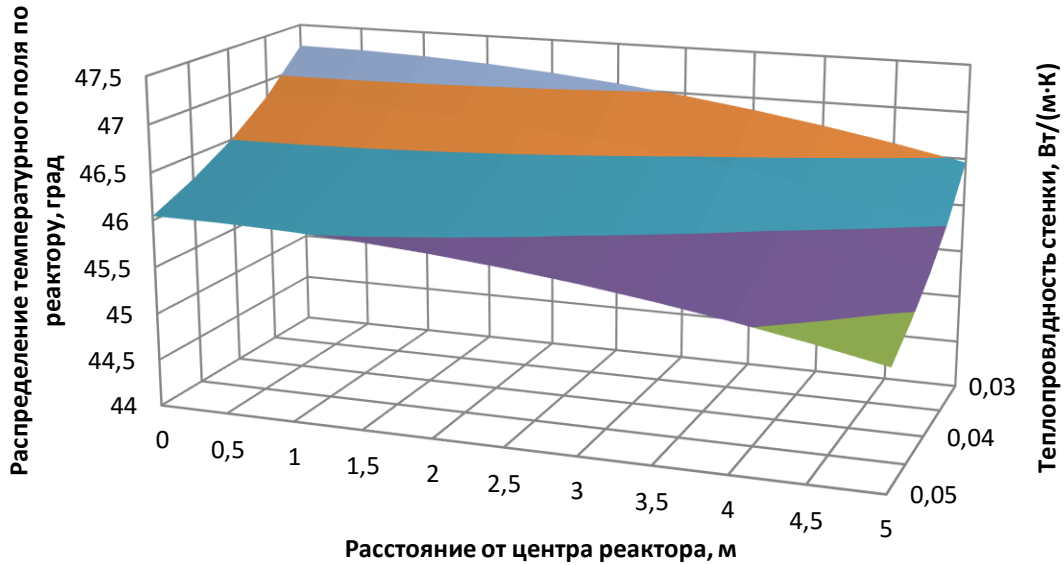


Рис. 5. Распределение температурного поля внутри биореактора при изменении коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) λ_2 при $\Delta = 0,5$ м.

Анализ поверхности температурного поля внутри биореактора при изменении теплопроводности теплоизоляции (стенки) λ_2 и наружной температуры воздуха T_c показывает, что перепад температур между центром и внутренней стенкой реактора не превышает 1°C ($\Delta T = 0,796^\circ\text{C}$). Однако с уменьшением коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) λ_2 абсолютная температура внутри него, хотя и незначительно, но повышается и составляет: $T_1(0) = 46,4^\circ\text{C}$ при $\lambda_2 = 0,05$ Вт/(м·К); $T_1(5) = 47,25^\circ\text{C}$ при $\lambda_2 = 0,03$ Вт/(м·К).

Выводы. Предложена конструкция биогазового реактора, обеспечивающая непрерывность процесса получения биогаза, что повышает эффективность переработки отходов в биогаз.

Необходимость поддержания регламента температурного режима в реакторе накладывает определенные требования к выбору материала теплоизоляции для корпуса биогазового реактора.

Для обеспечения температурных режимов определяющими являются такие параметры, как коэффициент теплопроводности λ (для стационарного режима) и коэффициент температуропроводности a (для нестационарных условий). Для стационарных условий коэффициент теплопроводности λ для большинства применяемых теплоизоляционных материалов составляет $0,03 \dots 0,05$ Вт/м², а для нестационарных условий из теплоизоляционных материалов наименьшим коэффициентом температуропроводности обладают материалы на деревянной основе, а из искусственных материалов – пенополиуретан.

В ходе химических реакций, происходящих в биореакторе, происходит выделение определенного количества теплоты. В тоже время при недостатке теплоты для обеспечения температурного режима используют подогрев массы с помощью дополнительных (сторонних) источников теплоты. В качестве средств дополнительного подогрева можно использовать различные теплообменные аппараты или электрические нагреватели (ТЭНы).

Приведены результаты анализа влияния толщины Δ и теплофизических характеристик теплоизоляции на выбор установленной мощности равномерно распределенных внутри рабочего объема биореактора дополнительных (сторонних) источников теплоты и распределение температуры внутри биореактора. При анализе учитывались теплофизические параметры теплоизоляционных материалов, свойственных материалам на деревянной основе и пенополиуретану.

Установлено, что необходимая установленная мощность дополнительных источников теплоты существенно зависит от температуры наружной среды вне реактора T_c , но практически не зависит от толщины изоляции стенки реактора Δ .

Анализ показал, что в исследуемом диапазоне изменения коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) λ_2 от 0,03 Вт/(мК) до 0,05 Вт/(мК) для выбора мощности дополнительных источников теплоты определяющей является наружная температура среды вне реактора T_c .

При расчете температурных полей внутри реактора установлено, что перепад температур между центром и внутренней стенкой реактора не превышает 1°C ($\Delta T=0,796^\circ\text{C}$). Однако с увеличением толщины теплоизоляции (стенки) биореактора Δ абсолютная температура внутри него, хотя и незначительно, но повышается и составляет: $T_1(0)=44,69^\circ\text{C}$ при $\Delta=0,1$ м; $T_1(5)=47,70^\circ\text{C}$ при $\Delta=0,5$ м.

Анализ поверхности температурного поля внутри биореактора при изменении коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) λ_2 и наружной температуры воздуха T_c показывает, что перепад температур между центром и внутренней стенкой реактора не превышает 1°C ($\Delta T=0,796^\circ\text{C}$). Однако с уменьшением коэффициента теплопроводности теплоизоляции (стенки) λ_2 абсолютная температура внутри него, хотя и незначительно, но повышается и составляет: $T_1(0)=46,4^\circ\text{C}$ при $\lambda_2=0,05$ Вт/(мК); $T_1(5)=47,25^\circ\text{C}$ при $\lambda_2=0,03$ Вт/(мК).

Библиография

1. Зазуля А.Н., Хребтов Н.А. Основные направления использования биогаза в мире // Наука в центральной России. 2008. № 2. С. 31-35.
2. Трахунова И.А., Халитова Г.Р., Карасева Ю.В. Эффективность процесса анаэробного сбраживания при различных режимах гидравлического перемешивания // Альтернативная энергетика и экология. 2011. № 10. С. 90-94.
3. Ковалёва М.Ю. Белгородская область: альтернативная энергия – спутник Агропрома // Альтернативная энергетика и экология. 2012. № 3. С. 112-115.
4. Мирошниченко И.В. Биологические способы переработки и утилизации отходов животноводческих комплексов в Белгородской области // Материалы международной научно-производственной конференции «Биологические проблемы природопользования». Белгород: Изд-во Белгородской ГСХА, 2012. С. 45 - 47.
5. Линднер И.Ф., Леммер А., Мирошниченко И.В. Увеличение метановой продуктивности богатой лигноцеллюлозой биомассы путем механической и энзимной подготовки при ее повторной переработке в биогаз // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2015. № 2 (6). С. 111 – 117.
6. Евстафьев Д.П. Повышение эффективности технологии анаэробной переработки биоотходов применением электротехнического устройства контроля pH // Автореферат дисс. канд. тех. наук. Саратов, 2015. 16 с.
7. Садчиков А.В., Кокарев Н.Ф. Оптимизация теплового режима в биогазовых установках // Фундаментальные исследования. 2016. № 2-1. С. 90-93.
8. Горелик П.И., Золотова Ю.С. Современные теплоизоляционные материалы и особенности их применения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №3(18). С.93-103.
9. Ватин Н.И., Немова Д.В., Горшков А.С. Сравнительный анализ потерь тепловой энергии и эксплуатационных затрат на отопление для загородного частного дома при различных минимальных требованиях к уровню тепловой защиты ограждающих конструкций // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 1 (168). С. 36-39.
10. Гуров А.В., Пономарев С.В. Измерение теплофизических свойств материалов методом плоского «мгновенного» источника теплоты: монография / под науч. ред. С.В. Пономарева. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ». 2013. 100 с.
11. Вендин С.В., Ульяновцев Ю.Н. Анализ свойств теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 4 (24). С. 30 – 36.
12. Вендин С.В., Мамонтов А.Ю. Электрооборудование биогазового реактора // Сельский механизатор. 2017. № 5. С. 26-27.
13. Вендин С.В., Мамонтов А.Ю., Каплин А.В. Программа расчета геометрических и конструктивных параметров биогазового реактора // Промышленная энергетика. 2017. № 3. С. 51-55.
14. Вендин С.В., Мамонтов А.Ю. Расчет мощности дополнительных источников теплоты для подогрева биомассы в биогазовом реакторе // Вестник Белгородского государственного технологического университета им.В.Г. Шухова. 2017. № 7. С. 97-99.

References

1. Zazulya A.N., Khrebtov N.A. Osnovnyye napravleniya ispol'zovaniya biogaza v mire [The main directions of biogas use in the world] // Science in Central Russia. 2008. No 2. Pp. 31-35.
2. Trakhunova I.A., Khalitova G.R., Karaseva YU.V. Effektivnost' protsessa anaerobnogo sbrzhivaniya pri razlichnykh rezhimakh gidravlicheskogo peremeshvaniya [The efficiency of the anaerobic digestion process under various modes of hydraulic mixing] // Alternative Energy and Ecology. 2011. No 10. Pp. 90-94.
3. Kovalova M.Yu. Belgorodskaya oblast': al'ternativnaya energiya – sputnik Agroproma [Belgorod region: alternative energy - a satellite of the Agroprom] // Alternative energy and ecology. 2012. No 3. Pp. 112-115.
4. Miroshnichenko I.V. Biologicheskiye sposoby pererabotki i utilizatsii otkhodov zhivotnovodcheskikh kompleksov v Belgorodskoy oblasti [Biological methods of processing and disposal of waste from livestock complexes in the Belgorod region] // Materials of the international scientific-industrial conference «Biological problems of nature management». Belgorod: Publishing House of the Belgorod State Agricultural Academy, 2012. Pp. 45 - 47.
5. Lindner I.F., Lemmer A., Miroshnichenko I.V. Uvelicheniye metanovoy produktivnosti bogatoy lignotsellyulozoy biomassy putem mekhanicheskoy i enzimnoy podgotovki pri yeye povtorno pererabotke v biogas [Increasing methane productivity of rich biomass lignocellulose by mechanical and enzymatic preparation during its reprocessing into biogas] // Innovations in the agricultural sector: problems and prospects. 2015. No. 2 (6). Pp. 111 - 117.
6. Yevstaf'yev D.P. Povysheniye effektivnosti tekhnologii anaerobnoy pererabotki biotokhodov primeneni- yem elektrotekhnicheskogo ustroystva kontrolya pH [Improving the efficiency of the technology of anaerobic processing of biowaste using an electrotechnical pH control device] // Abstract of diss. Cand. tekhn. sciences. Saratov, 2015. 16 p.
7. Sadchikov A.V., Kokarev N.F. Optimizatsiya teplovogo rezhima v biogazovykh ustanovkakh [Optimization of the thermal regime in biogas plants] // Basic research. 2016. No. 2-1. Pp. 90-93.
8. Gorelik P.I., Zolotova YU.S. Sovremennyye teploizolyatsionnyye materialy i osobennosti ikh prime- neniya [Modern heat-insulating materials and features of their application] // Construction of unique buildings and structures. 2014. No. 3 (18). Pp. 93-103.
9. Vatin N.I., Nemova D.V., Gorshkov A.S. Sravnitel'nyy analiz poter' teplovoy energii i ekspluatatsionnykh zatrat na otopleniye dlya zagorodnogo chastnogo doma pri razlichnykh minimal'nykh trebovaniyakh k urovnyu teplovoy zashchity ograzhdayushchikh konstruksiy [Comparative analysis of heat energy losses and operating costs for heating for a suburban private house with various minimum requirements for the level of thermal protection of building envelopes] / Building materials, equipment, technology of the XXI century .2013. No. 1 (168). Pp. 36-39.
10. Gurov A.V., Ponomarev S.V. Izmereniye teplofizicheskikh svoystv materialov metodom ploskogo «mgnovennogo» istochnika teploty: monografiya [Measurement of the thermophysical properties of materials by the method of a planar “instantaneous” heat source: monograph] / under the scientific. Ed. S.V. Ponomareva. Tambov: Publishing House of FSBEI HPE «TSTU». 2013. 100 p.
11. Vendin S.V., Ul'yantsev Yu.N. Analiz svoystv teploizolyatsionnykh materialov dlya usloviy nestatsionar- noy teploperedachi [Analysis of the properties of heat-insulating materials for non-stationary heat transfer] // Innovations in the agricultural sector: problems and prospects. 2019.No 4 (24). Pp. 30 - 36.
12. Vendin S.V., Mamontov A.Yu. Elektrooborudovaniye biogazovogo reaktora [Electrical equipment of a biogas reactor] // Rural machine operator. 2017. No 5. Pp. 26-27.
13. Vendin S.V., Mamontov A.Yu., Kaplin A.V. Programma rascheta geometricheskikh i konstruksionnykh parametrov biogazovogo reaktora [The program for calculating the geometric and structural parameters of a biogas reactor] // Industrial Energy. 2017. No 3. Pp. 51-55.
14. Vendin S.V., Mamontov A.Yu. Raschet moshchnosti dopolnitel'nykh istochnikov teploty dlya podogreva biomassy v biogazovom reaktore [Calculation of the power of additional heat sources for heating biomass in a biogas reactor] // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2017. No. 7. Pp. 97-99.

Сведения об авторах

Вендин Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, +7-4722-39-11-36, E-mail: elapk@mail.ru.

Мамонтов Артем Юрьевич, аспирант кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, 8-920-594-04-50, E-mail: ligaman999@mail.ru.

Ульянцев Юрий Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п.Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +7 (4722) 39-14-20.

Information about authors

Vendin Sergey Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnologies in Agroindustrial Complex, FGBOU VO Belgorod State University, ul. Vavilova, 1, Maysky settlement, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, + 7-4722-39-11-36, E-mail: elapk@mail.ru.

Mamontov Artem Yuryevich, postgraduate student of the Department of Electrical Equip-ment and Electrotech-nologies in Agroindustrial Complex, FGBOU VO Belgorod State University, ul.Vavilova, 1, Maisky settlement, Belgorod region, Belgorod region, Russia, 308503, 8-920-594-04-50, E-mail: ligaman999@mail.ru.

Ulyantsev Yuri Nikolaevich, candidate of technical Sciences, associate Professor of electrical and Electrotech-nology in agriculture, doctor of Belgorod state agricultural UNIVERSITY, Vavilova str., 1, p. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod oblast, Russia, 308503, phone: +7 (4722) 39-14-20.

УДК 631.363:636.086.5

С.В. Вендин, В.А. Самсонов, Ю.В. Саенко, М.А. Семернина

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НОЖЕЙ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА

Аннотация. В настоящее время животноводство получило распространение на промышленной основе. В процессе эволюции животные приспособились к поеданию зелёных растений. При выращивании свиней промышленным способом применяют концентратный тип кормления. Зоотехниками установлено, чтобы повысить содержание натуральных витаминов в комбикорме нужно добавить в него пророщенное зерно и получить таким образом кормовую смесь. Зерно имеет форму эллипсоида и большую массу, а росток имеет меньшую массу, вытянутую по длине и сплюснутую в поперечном сечении форму. Геометрические размеры, плотность и физико-механические свойства самого зерна и ростков неодинаковы, поэтому традиционные способы измельчения зерна не совсем применимы – измельчение пророщенного зерна молотковыми дробилками не позволяет получить нужный результат, т.е. ростки практически не измельчаются, поэтому общая масса получается неоднородной. Для измельчения неоднородной массы необходимо использовать два типа рабочих органов – молотки и ножи. Для обеспечения равномерного распределения пророщенного зерна в комбикорме необходимо в первую очередь измельчить его до размера частиц 0,9-1,4 мм. Приведена методика выбора конструктивных параметров ножей для измельчения стеблевидного продукта влажностью до восемнадцати процентов. В основу расчетных соотношений положена теория В.П. Горячкина о затратах энергии на резание. Получены соотношения, в которые входит угол заточки ножа, толщина лезвия ножа и начальная толщина измельчаемого материала. Выявлена зависимость между толщиной лезвия ножа, толщиной слоя сжатия материала и прочностных свойств измельчаемого продукта. Учитывая указанные зависимости можно найти рациональные конструктивные параметры и геометрические размеры рабочих органов измельчающего аппарата.

Ключевые слова: высота слоя, режущая кромка ножа, нож, измельчающий аппарат.

OPTIMIZATION OF CONSTRUCTION PARAMETERS OF KNIVES FOR GRINDING THE SPRINGED GRAIN

Abstract. At present, livestock breeding on an industrial basis has become widespread. In the process of evolution, animals have adapted to eating green plants. When raising pigs in an industrial way, a concentrated type of feeding is used. Livestock specialists have found that in order to increase the content of natural vitamins in compound feed, you need to add germinated grain to it and thus obtain a feed mixture. The grain has the shape of an ellipsoid and a large mass, and the germ has a smaller mass, elongated in length and flattened in cross section. The geometric dimensions, density, and physico-mechanical properties of the grain itself and the germs are not the same, therefore, traditional methods of grinding grain are not entirely applicable - grinding the germinated grain with hammer crushers does not allow to obtain the desired result, i.e. the sprouts are practically not crushed, so the total mass is heterogeneous. To grind heterogeneous mass, it is necessary to use two types of working bodies - hammers and knives. To ensure uniform distribution of germinated grain in the feed, it is first necessary to grind it to a particle size of 0.9-1.4 mm. The technique of choosing the design parameters of knives for grinding a stem-shaped product with a moisture content of up to eighteen percent is given. The theory of V.P. Goryachkina on the cost of energy for cutting. The relations are obtained, which include the angle of sharpening of the knife, the thickness of the knife blade and the initial thickness of the crushed material. The dependence of the thickness of the knife blade, the thickness of the compression layer of the material and the strength properties of the crushed product are revealed. Given these relationships, you can find rational design parameters and geometric dimensions of the working bodies of the grinding apparatus.

Keywords: layer height, cutting edge of the knife, knife, grinding apparatus.

Введение. На свиноводческих комплексах круглый год животных содержат безвыгульно и выдают им только комбикорма. В этом случае у животных возникает недостаток в белке, питательных, минеральных веществах и витаминах [1, 2].

Комбикорма на свиноводческий комплекс, согласно существующей технологии задачи корма, доставляют непосредственно с заводов, затем выгружают их в бункер для сухих кормов [2, 3]. Из бункера сухой комбикорм спиральным транспортером подают в бункер-накопитель, расположенный в помещении. Затем комбикорм с помощью тросово-шайбового транспортера поступает в дозаторы и кормушки. Недостаток питательных веществ приводит к снижению физического развития поросят, у свиноматок и хряков ухудшаются репродуктивные функции, а это снижает эффективность производства свинины. Повысить витаминную ценность кормов можно, если добавлять в комбикорм животным пророщенное зерно ячменя.

Для наилучшего использования питательных веществ и витаминов рекомендуется проращивать зерно до величины ростков 1,5...2 см [1, 2], затем высушить до влажности 12...14% и измельчить в дробилке [3-5] до размеров частиц 1...1,4 мм. После чего пророщенное, высушенное и измельченное зерно поступает в спиральный транспортер, в котором происходит его перемешивание с комбикормом [6].

Высушенное пророщенное зерно представляет собой неоднородную массу (геометрические размеры и плотность самого зерна и ростков неодинаковы). Поэтому для его измельчения необходимо использовать рабочие органы различных видов (молотки и ножи) [3, 7-9]. Пророщенное зерно в комбикорм можно добавлять непосредственно на комбикормовом заводе, но при этом необходимо учитывать особенности технологии проращивания. Пророщенное зерно рекомендуется измельчать в две стадии на молотковой дробилке, у которой в нижней части шлюзового затвора установлен аппарат вторичного измельчения [5].

При измельчении пророщенного зерна необходимо учитывать его физические свойства и то, что оно представляет собой неоднородную массу, состоящую из твердой зерновки и мягкого ростка. Процесс дробления зерна в научной литературе изучен довольно подробно [4]. Поэтому ниже рассмотрен процесс резания ростков.

Продукты растительного происхождения характеризуются разбросом физико-механических свойств, которые зависят в основном от влажности материала, а также формы поперечного сечения разрушаемого объекта [3]. Для того, чтобы процесс измельчения проходил с наименьшими энергетическими затратами, а полученная масса была однородной необходимо определить взаимосвязь конструктивных параметров измельчителя со структурными и физико-механическими свойствами материала. Рассматриваемый технологический процесс измельчения нужно представить, как резание плоского слоя материала ножом, причем усилие направлено сверху вниз. Предложены результаты теоретических исследований процесса резания, на основе теории В.П. Горячкина о затратах энергии на резание [4].

Основная часть. Рассмотрим процесс резания ростков, так как измельчение стеблевой массы в большинстве случаев осуществляется резанием [10]. Расчетная схема процесса резания представлена на рисунке 1.

Цель исследования: при измельчении заданного по высоте слоя растительного материала определить по минимуму энергозатрат оптимальные параметры режущей части ножа – δ , γ , z .

Согласно теории В.П. Горячкина, полную энергию A , Дж, измельчения можно представить в виде суммы энергии, затраченной на сжатие измельчаемого материала лезвием ножа A_c , Дж, и энергии, затраченной на резание A_p , Дж, [3, 4, 11]:

$$A = A_c + A_p, \quad (1)$$

где A_c – энергия, затраченная на сжатия материала лезвием ножа, Дж; A_p – энергия, затраченная на резание, Дж.

Математическую модель процесса измельчения сформируем, исходя из условий взаимодействия ножа 1 с материалом 2 (при следующих допущениях):

– при перемещении ножа на расстояние от $x=0$ до $x=h_c$, м, осуществляется сжатие продукта силой $N_c(x)$, Н;

– при движении ножа от точки С сила $N_c(x)$ компенсируется силой резания $N_p(x)$, Н, материала на участке $(h-h_c)$, т.е. в точке $x=h_c$ выполняется условие равновесия системы:

$$N_c(x) = N_p(x). \quad (2)$$

Сила сжатия определяется согласно выражения:

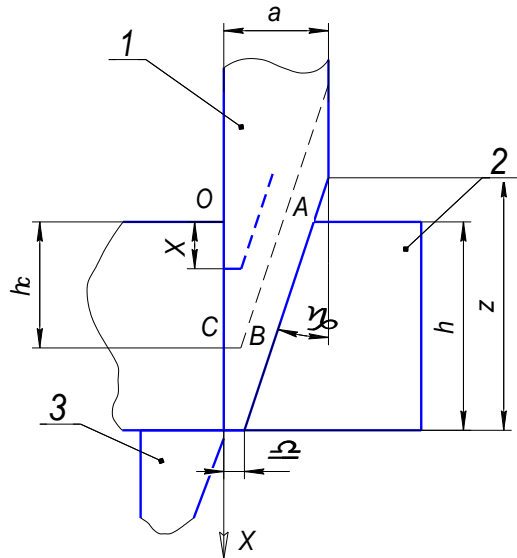
$$N_c(x) = \sigma L(\delta + x \tan \gamma), \quad (3)$$

где σ – допустимое напряжение сжатия, МПа; L – ширина измельчаемого слоя продукта, м; δ – толщина режущей кромки, м.

Сила резания равна:

$$N_p(x) = \tau Lx, \quad (4)$$

где τ – допустимое напряжение среза, МПа.



a – толщина ножа; h – высота слоя разрезаемого материала; z – длина участка заточки ножа; γ – угол заточки; 1 – нож; 2 – материал; 3 – противорежущая пластина; δ – толщина режущей кромки; h_c – перемещение ножа до момента максимального сжатия материала; x – текущее перемещение ножа

Рис. 1. Схема резания

Из равенства (1) с учетом выражений (2) и (3) при $x=h_c$ найдем:

$$h_c = (kh - \delta) / (1 + \text{tg}\gamma), \quad (5)$$

где $k = \tau / \sigma$.

С целью оценки затрат энергии на измельчение рассчитаем работу сил.

Элементарная работа силы сжатия будет равна:

$$dA_c = N_c(x) dx = \sigma L (\delta + x \text{tg}\gamma) dx, \quad (6)$$

откуда

$$A_c = \sigma L \int_0^{h_c} (\delta + x \text{tg}\gamma) dx = \sigma L (\delta h_c + 0,5 h_c^2 \text{tg}\gamma). \quad (7)$$

Элементарную работу силы резания найдём по формуле:

$$dA_p = N_p(x) dx, \quad (8)$$

откуда

$$A_p = \tau L \int_0^{h-h_c} x dx = 0,5 \tau L (h - h_c)^2. \quad (9)$$

В качестве физического критерия оптимальности принимаем наименьшее значение суммарной относительной работы, мм^2 (геометрические параметры – в мм):

$$A_o = A_c / \sigma L + A_p / \tau L = \delta h_c + 0,5 h_c^2 \text{tg}\gamma + 0,5 k (h - h_c)^2 \rightarrow \min. \quad (10)$$

При расчете учитываем ограничение:

$$z = (a - \delta) / \text{tg}\gamma \geq h. \quad (11)$$

Рассмотрим пример расчета с использованием следующих исходных данных: $h=25$ мм; $0,01 \leq \delta \leq 0,1$; $a \geq 2$ мм; $\sigma=30$ МПа; $\tau=0,8$ МПа (принимаем, что минимальная толщина ножа $a=2$ мм соответствует минимальному коэффициенту запаса прочности – единице).

Чем ближе z к h , тем больше прочность режущей части ножа. Поэтому, с учетом некоторого запаса (например, 20 %) по длине z , из ограничения (5) принимаем:

$$z = 1,2h,$$

откуда получим безразмерную функцию, абсолютный предел минимума которой равен нулю (математический критерий оптимальности):

$$F_1 = |1,2h/z - 1| \rightarrow \min, \quad (12)$$

где z – текущее значение длины участка заточки ножа.

Минимум критерия (10) определяем минимизацией (6) методом дихотомии [12] по переменной γ в интервале $1...30^\circ$ (размер интервала – произвольный, но задаваемый с учетом возможного максимального значения γ для каждого изменяемого в цикле с шагом 0,01 мм значения δ). Результаты расчета при $h=25$ мм и $a=2$ мм представлены в таблице 1. Из нее следует: минимум $F_1=1,19 \cdot 10^{-7}$ определяет минимальные энергозатраты $A_0=8,034$ при минимально допустимой по прочности толщине ножа $a=2$ мм. Ниже, на рисунке 2, показана интерпретация данных таблицы 1 для математического критерия оптимальности F_1 в зависимости от угла заточки ножа γ и толщины режущей кромки ножа δ .

Таблица 1 - Влияние толщины режущей кромки на энергозатраты

Толщина режущей кромки δ , мм	Угол заточки γ , град.	Физический критерий оптимальности A_0 , мм ²	Математический критерий оптимальности, $F_1 \cdot 10^{-7}$
$h = 25$ мм; $a = 2$ мм; $z = 1,2h$			
0,07	3,68	8,013	110,86
0,08	3,66	8,023	54,83
0,09	3,64	8,034	1,19
0,10	3,62	8,044	51,85
0,11	3,60	8,054	103,11

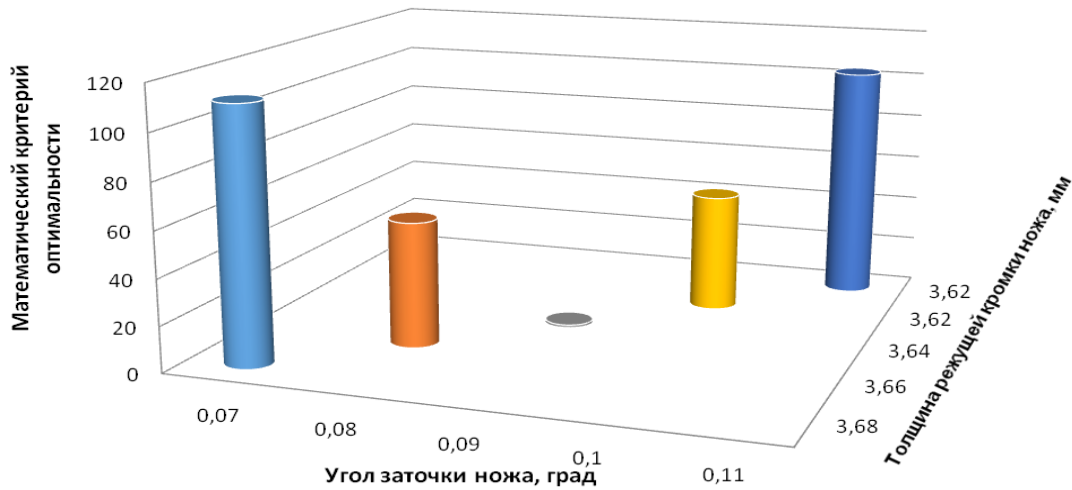


Рис. 2. Математический критерий оптимальности F_1 в зависимости от угла заточки ножа γ и толщины режущей кромки ножа δ

Для определения влияния толщины a на энергозатраты A_0 минимизируем (12) при различных значениях a (таблице 2). С учетом принятых ограничений подходит $a=4$ мм, но в этом случае A_0 больше, чем при $a=2$ мм. Ниже, на рисунке 3, показана интерпретация данных таблицы 2 для угла заточки ножа γ в зависимости от толщины a ножа и толщины режущей кромки δ .

Если для обеспечения большей прочности режущей части ножа необходима толщина $a=5$ мм, то определим для этого случая оптимальные значения γ и δ при минимуме энергозатрат $A_0=8,034$ мм². Этому условию соответствует минимум безразмерной функции:

$$F_2 = |8,034/A_0 - 1| \rightarrow \min, \quad (13)$$

где A_0 – текущее значение энергозатрат, Дж.

Таблица 2 - Влияние толщины ножа на энергозатраты

Толщина ножа a , мм	Толщина режущей кромки δ , мм	Угол заточки γ , град	Физический критерий оптимальности A_0 , мм ²	Математический критерий оптимальности, $F \cdot 10^{-7}$
$h=25$ мм; $z=1,2h$				
3	0,12	5,48	8,076	1,19
4	0,08	7,45	8,050	7,15
5	0,11	9,26	8,088	3,57

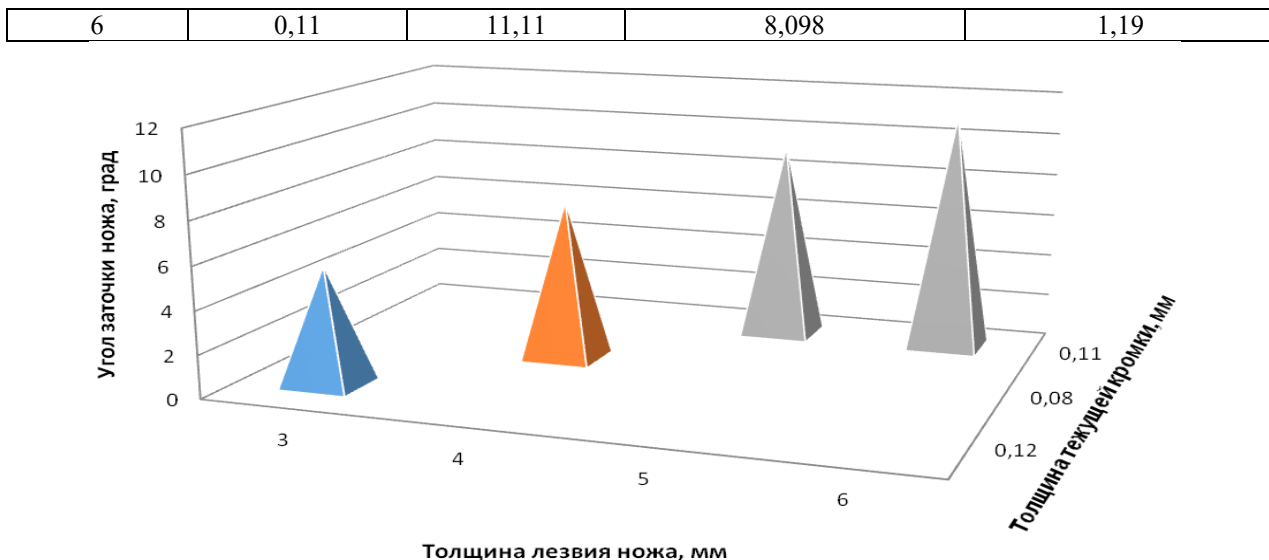


Рис. 3. Угол заточки ножа γ в зависимости от толщины a ножа и толщины режущей кромки δ

Так как критерии (12) и (13) однородны, то обобщенный математический критерий оптимальности можно использовать в виде их суммы:

$$F = F_1 + F_2 \rightarrow \min. \tag{14}$$

Результаты минимизации (8) представлены в таблице 3. С погрешностью $F = 3,18 \cdot 10^{-5} = 0,00318 \%$ получены следующие оптимальные параметры заточки ножа толщиной $a = 5$ мм при резке слоя материала высотой $h = 25$ мм с минимальными энергозатратами $A_0 = 8,034$: $\delta = 0,05$ мм; $\gamma = 9^\circ 37'$; $z = 30$ мм. Ниже, на рисунке 4, показана интерпретация данных таблицы 3 для математического критерия оптимальности F в зависимости от угла заточки ножа γ и толщины режущей кромки ножа δ .

Таблица 3 - Результаты минимизации

Толщина режущей кромки, δ , мм	Угол заточки, γ , град.	Физический критерий оптимальности A_0 , мм ²	Математический критерий оптимальности $F \cdot 10^{-5}$
$h = 25$ мм; $a = 5$ мм; $z = 1,2h$			
0,03	9,41	8,0142	245,80
0,04	9,39	8,0241	123,26
0,05	9,37	8,0337	3,18
0,06	9,35	8,0432	115,85
0,07	9,33	8,0526	232,16

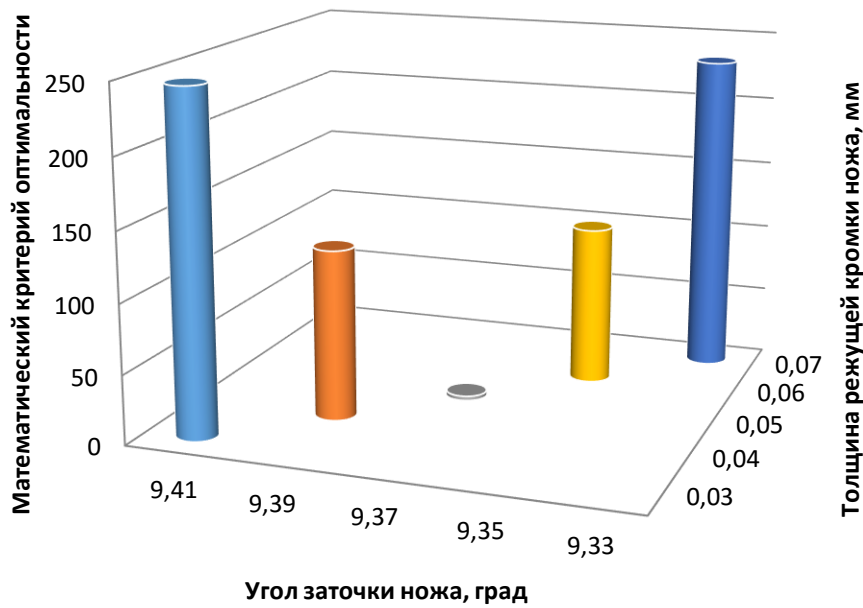


Рис. 4. Математический критерий оптимальности F в зависимости от угла заточки ножа γ и толщины режущей кромки ножа δ

Выше были рассмотрены методы оптимизации на основе безразмерных критериев оптимизации, определяемых функциями согласно выражениям (12) - (14).

В тоже время при внедрении нож сжимает материал объемом

$$V=SL, \quad (15)$$

где

$$S = \delta h_c + 0,5h_c^2 \operatorname{tg} \gamma, \quad (16)$$

где S - площадь трапеции OABC.

Поэтому вторым критерием оптимальности процесса резания может служить безразмерная величина наименьшего значения удельных энергозатрат на сжатие:

$$A_{Oy} = \frac{A_0}{S} \rightarrow \min. \quad (17)$$

Показатели δ , γ и z связаны выражением:

$$z = \frac{(a - \delta)}{\operatorname{tg} \gamma} \geq h. \quad (18)$$

Ниже приведен пример расчета оптимальных параметров ножа δ , γ и z при следующих исходных данных $0,01 \leq \delta \leq 0,1$; $h=4$ мм; $a=2$ мм; $\sigma=30$ МПа; $\tau=0,8$ МПа.

Проведем минимизацию выражения (10) методом дихотомии [12] по переменной z в интервале $(h \dots qh)$ для каждого изменяемого в цикле с шагом $\Delta\delta=0,01$ мм значения δ , где принято $q=5$ (произвольное число).

Последовательность расчета (алгоритм расчета) предполагает определение следующих параметров: $\operatorname{tg} \gamma = (a - \delta) / z$ – из формулы (14); h_c ; S ; A_0 ; A_{Oy} с учетом (5), (10), (15), (16).

Результаты расчета параметров δ , γ , z , A_0 и A_{Oy} приведены в таблице 4. Расчеты проводились с последовательным увеличением толщины режущей кромки ножа δ .

Анализ данных таблицы 4 показывает, что с увеличением толщины режущей кромки ножа δ наблюдается монотонное увеличение суммарной относительной работы A_0 , но в тоже время достигается минимум удельных энергозатрат на сжатие A_{Oy} (17) при следующих значениях параметров при $h=4$ мм: $\delta=0,04$ мм; $\gamma=13^{\circ}30'$; $z=8,16$ мм. Эти параметры можно считать оптимальными для анализируемого случая. Ниже, на рисунке 5, показана интерпретация данных таблицы 1 для минимума удельных энергозатрат на сжатие A_{Oy} в зависимости от угла заточки ножа γ и толщины режущей кромки ножа δ .

Таблица 4 - Результаты расчета параметров оптимизации

δ , мм	γ , град	z , мм	A_0 , мм ²	A_{0y}
$h=4$ мм; $k=0,8/30=0,0266$				
0,01	8,86	12,77	0,2058	149,05
0,02	8,98	12,53	0,2073	106,92
0,03	11,1	10,04	0,2088	89,81
0,04	13,5	8,16	0,2101	84,14 min
0,05	18,45	5,85	0,2112	87,08
0,06	12,10	9,05	0,2117	85,92
0,07	22,47	4,66	0,2125	108,71
0,08	19,20	5,51	0,2128	128,97
0,09	25,40	4,02	0,2131	203,50
0,1	25,42	4,00	0,2133	466,92

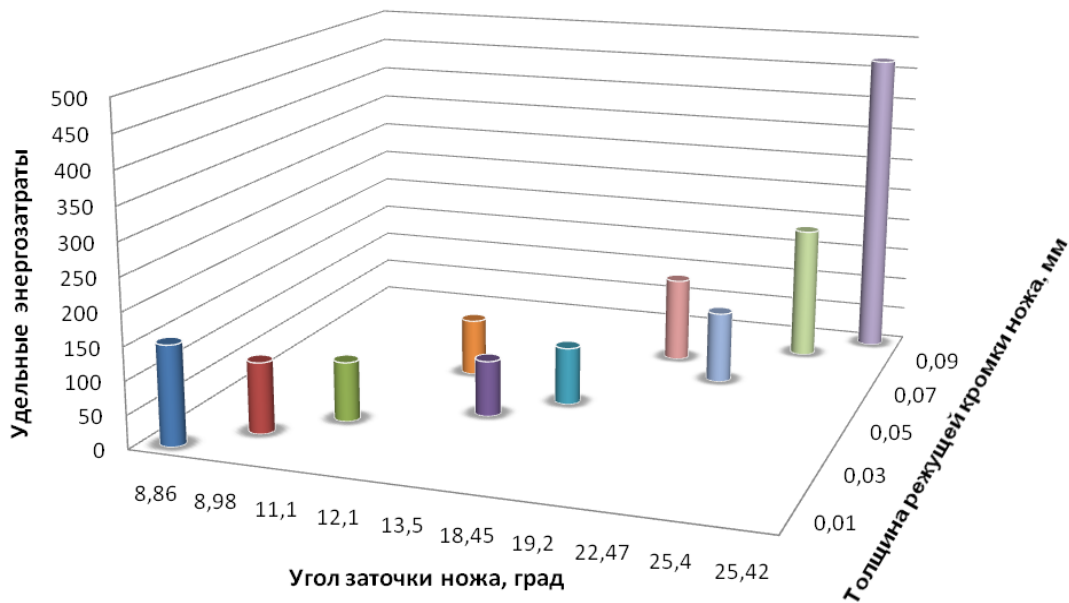


Рис. 5. Минимум удельных энергозатрат на сжатие A_{0y} в зависимости от угла заточки ножа γ и толщины режущей кромки ножа δ

Представленная выше математическая модель процесса резания по теории В.П. Горячкина и алгоритм расчета оптимальных параметров позволяют проводить расчеты при различных вариантах процесса резки слоя продукта. Ниже, в таблице 5, приведены результаты расчетов для различных значений высоты слоя разрезаемого материала h , толщины ножа a и относительного коэффициента прочности продукта, где $k = \tau/\sigma$.

Согласно данным таблицы 5 можно сделать выводы о достижении минимума A_{0y} при ограничении (17) в пределах изменения толщины режущей кромки ножа δ от 0,01 до 0,1 мм:

- при увеличении высоты разрезаемого слоя h минимум удельных энергозатрат A_{0y} достигается увеличением толщины ножа «а» (варианты 1,2 и 3);

- по сравнению с вариантами при $\delta=0,04$ мм (таблица 4) с увеличением предела прочности на сжатие (вариант 4) минимум удельных энергозатрат A_{0y} достигается при уменьшении толщины режущей кромки δ и уменьшении угла заточки γ ; с увеличением предела прочности на срез (вариант 5) минимум энергозатрат A_{0y} достигается при увеличении δ и уменьшении γ .

Таблица 5 - Оптимальные параметры ножа в различных вариантах резки

N варианта расчета	h, мм	a, мм	$k=\tau/\sigma$	δ , мм	γ , град	z, мм	A_0 , мм ²	A_{0y}
1	8	2	$0,8/30=0,0266$	0,10	6,03	18,00	0,84	77,96
2	50	6	$0,8/30=0,0266$	0,09	6,35	53,12	32,03	188,04
3	100	15	$0,8/30=0,0266$	0,09	8,42	100,78	127,98	222,7
4	4	2	$0,8/35=0,0288$	0,09	11,10	10,04	0,18	100,03
5	4	2	$1/30=0,0333$	0,05	9,02	12,28	0,26	65,18
6	20	6	$1/30=0,0333$	0,08	11,36	28,84	5,18	116,1

Ниже, на рисунке 6, показана графическая интерпретация данных таблицы 5 для минимума удельных энергозатрат на сжатие A_{0y} в зависимости от высоты слоя разрезаемого материала h и толщины ножа a .

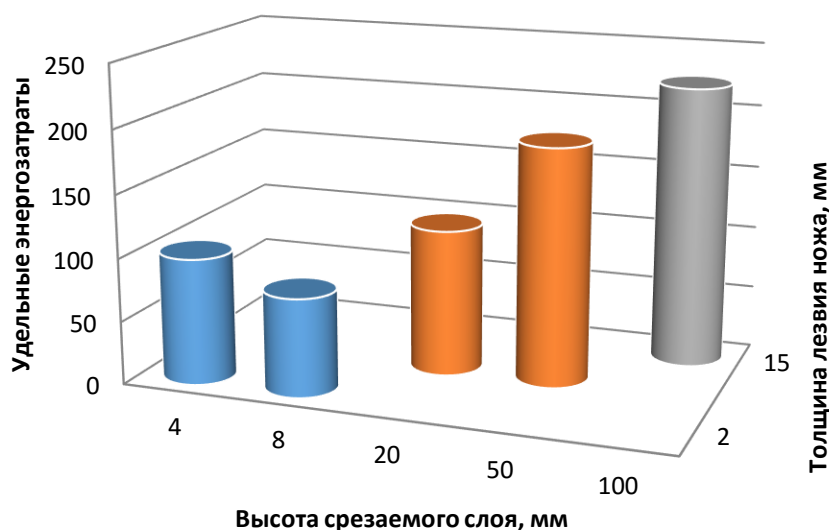


Рис. 6. Минимум удельных энергозатрат на сжатие A_{0y} в зависимости от высоты слоя разрезаемого материала h и толщины ножа a

На рисунке 7 показана интерпретация данных таблицы 5 для угла заточки ножа γ в зависимости от высоты слоя разрезаемого материала h и толщины ножа a .

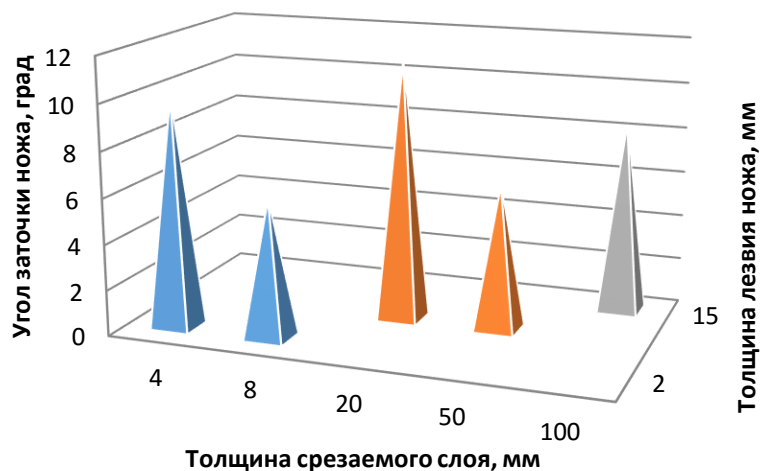


Рис. 7. Зависимость угла заточки ножа γ в зависимости от высоты слоя разрезаемого материала h и толщины ножа a

На рисунке 8 представлена зависимость толщины ножа от высоты слоя разрезаемого материала.

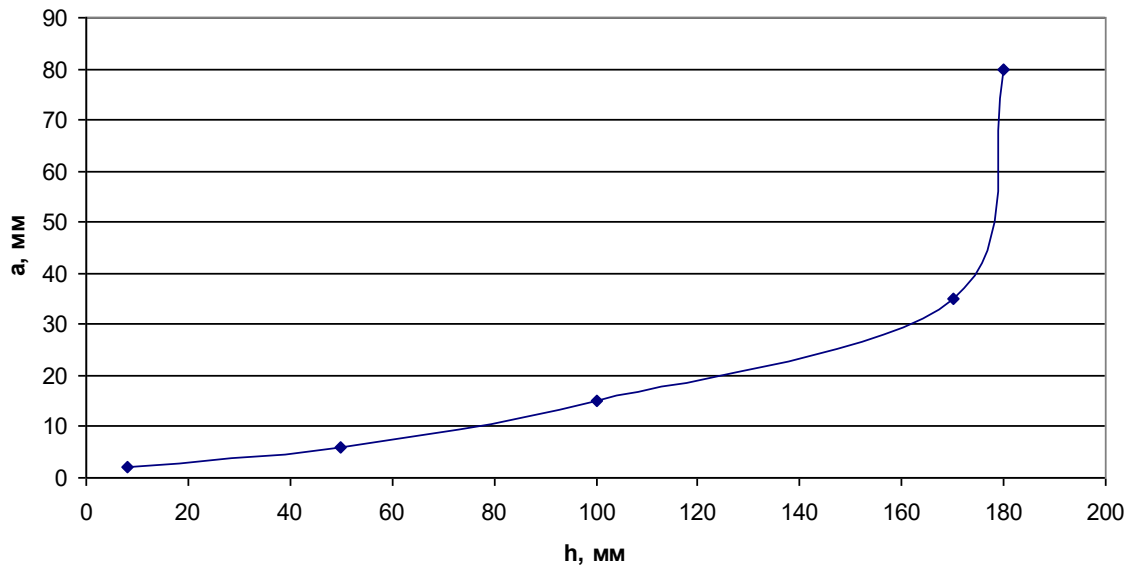


Рис. 8. Зависимость толщины ножа a от высоты слоя материала h

Выводы

1. Предложена методика расчета геометрических параметров ножа по наименьшему значению затрат на резание плоского слоя продукта.

2. Методами оптимизации на основе безразмерных критериев оптимизации с учетом геометрии процесса резания и физических характеристик продукта (пределов прочности на сжатие и срез) и принятом ограничении на длину участка заточки ножа установлено:

- оптимальные параметры режущей части ножа зависят от отношения предела прочности материала на срез к пределу прочности на сжатие;
- минимальные энергозатраты A_{omin} определяются минимально допустимой по прочности толщиной a_{min} ножа;

- оптимальные значения угла γ и толщины режущей кромки δ ножа толщиной $a > a_{\text{min}}$ определяется минимальными энергозатратами A_{omin} , полученными при $a = a_{\text{min}}$.

3. На основе критерия оптимальности процесса резания по минимуму удельных энергозатрат при сжатии в результате проведенных расчетов установлено:

- для материала с параметрами $\sigma = 30$ МПа; $\tau = 0,8$ МПа максимальную толщину разрезаемого слоя следует принять $h = 170$ мм, т.к. при $h > 170$ мм резко возрастает толщина ножа «а»: при $h = 8 \dots 170$ мм ее прирост составляет 0,2 мм, а при $h = 170 \dots 180$ мм - 4,5 мм;

- для резания продукта ($\sigma = 30$ МПа; $\tau = 0,8$ МПа) с толщиной слоя 20 мм конструктивные параметры должны быть следующими: толщина ножа $a = 6$ мм, толщина режущей кромки ножа $\delta = 0,08$ мм, угол заточки $\gamma = 11,36^\circ$, длина участка заточки ножа $z = 28,84$ мм.

Библиография

1. Походня Г.С. Свиноводство и технология производства свинины: Сборник научных трудов научной школы профессора Г.С. Походни (Специальный выпуск №2: Использование проращенного зерна в рационах свиней). Белгород. 2009. 68 с.
2. Пономарев А.Ф. Теория и практика промышленного кормопроизводства и свиноводства. Белгород: БелГСХА. 2003. 616 с.
3. Вендин С.В., Саенко Ю.В. К расчёту конструктивных параметров ножей для измельчения пророщенного зерна // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2018. №1. С. 16-31.
4. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Л.: Колос. 1978. 560 с.
5. Пат. RU 2692559 В02С 13/00 (2006.01), В02С 18/00 (2006.01), В02С 9/00 (2006.01), В02С 23/00 (2006.01) Дробилка пророщенного высушенного зерна / Вендин С.В., Саенко Ю.В., Казаков К.В., Семернина М.А. заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина. № 2018135786; заявл. 09.10.2018; опубл. 25.06.2019 г. Бюл. №18. 13 с.

6. Пат. RU 2493697 C1 A01K 5/02 Технологическая линия для подготовки к скармливанию пророщенного зерна: (2006.01) / С.А. Булавин, Ю.В. Саенко, А.Ю. Носуленко, В.А. Немыкин. заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО БелГСХА № 2012102292; заявл. 23.01.2012; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27.
7. Воронин В.В., Акименко А.В., Коношин И.В., Чехунов О.А., Воронина Н.А. Теоретическое и экспериментальное обоснование эффективности применения иглообразных рабочих элементов в дробилках решетчатого и безрешетчатого типа // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 4 (24). С. 44-51.
8. Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф. Бионические основы разработки и конструирования эффективных типов молотильно-сепарирующих устройств для кукурузы // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 3 (15). С. 3-13.
9. Вендин С.В., Самсонов В.А., Саенко Ю.В., Семернина М.А. Обоснование конструктивных параметров ножей при резании плоского слоя продукта // Вестник всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. №4 (24) 2019. с. 101-104.
10. Вендин С.В., Булавин С.А., Саенко Ю.В. Обоснование частоты вращения ножей дробилки пророщенного зерна // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. №4. С. 9–12.
11. Вендин С.В., Саенко Ю.В. Измельчение пророщенного зерна для приготовления кормовых смесей: монография. Москва, Белгород: ООО «Центральный коллектор библиотек. «БИБКОМ», 2017. 137 с.
12. Волков Е.А. Численные методы. М.: Наука, 1987. 248 с.

References

1. Pohodnya G.S. Svinovodstvo i tekhnologiya proizvodstva svininy: Sbornik nauchnyh trudov nauchnoj shkoly professor. G.S. Pohodni [Pig production and pork production technology: Collection of scientific papers of the scientific school of Professor G.S. Pohodni]. (Special'nyj vypusk №2: Ispol'zovanie prorashchennogo zerna v racionah svinej). Belgorod. 2009. 68 p.
2. Ponomarev A.F. Teoriya i praktika promyshlennogo kormoproizvodstva i svinovodstva. [Theory and practice of industrial feed production and pig farming]. Belgorod: BelGSKHA. 2003. 616 p.
3. Vendin S.V., Saenko Y.V. K raschyotu konstruktivnyh parametrov nozhej dlya izmel'cheniya proroshchennogo zerna [To the calculation of the design parameters of knives for grinding sprouted grain]. // Innovacii v APK: problema i perspektivy. 2018. №1. Pp. 16-31.
4. Mel'nikov S.V. Mekhanizaciya i avtomatizaciya zhivotnovodcheskih ferm. [Mechanization and automation of livestock farms]. L.: Kolos. 1978. 560 p.
5. Pat. RU 2692559 B02C 13/00 (2006.01), B02C 18/00 (2006.01), B02C 9/00 (2006.01), B02C 23/00 (2006.01) Drobilka proroshchennogo vysushennogo zerna. [Sprouted dried grain crusher]. / Vendin S.V., Saenko Y.V., Kazakov K.V., Semernina M.A. zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO Belgorodskij GAU imeni V.YA. Gorina. № 2018135786; zayavl. 09.10.2018; opubl. 25.06.2019 g. Byul. №18. 13 p.
6. Pat. RU 2493697 C1 A01K 5/02 Tekhnologicheskaya liniya dlya podgotovki k skarmlivaniyu proroshchennogo zerna [Technological line for preparation for feeding sprouted grain]: (2006.01) / S.A. Bulavin, YU.V. Saenko, A.YU. Nosulenko, V.A. Nemykin. zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO BelGSKHA № 2012102292; zayavl. 23.01.2012; opubl. 27.09.2013, Byul. № 27.
7. Voronin V.V., Akimenko A.V., Konoshin I.V., Chekhunov O.A., Voronina N.A. Teoreticheskoe i eksperimental'noe obosnovanie effektivnosti primeneniya igloobraznyh rabochih elementov v drobilkah reshetnogo i bezreshetnogo tipa [Theoretical and experimental substantiation of the effectiveness of the use of needle-shaped working elements in crushers of sieve and sieveless type]. // Innovacii v APK: problema i perspektivy. 2019. № 4 (24). Pp. 44-51.
8. Baharev D.N., Vol'vak S.F. Bionicheskie osnovy razrabotki i konstruirovaniya effektivnyh tipov molotil'no-separiruyushchih ustrojstv dlya kukuruzy [Bionic framework for the development and construction of effective types of threshing and separating devices for corn]. // Innovacii v APK: problema i perspektivy. 2017. № 3 (15). Pp. 3-13.
9. Vendin S.V., Samsonov V.A., Saenko Y.V., Semernina M.A. Obosnovanie konstruktivnyh parametrov nozhej pri rezanii ploskogo sloya produkta [Justification of the design parameters of knives when cutting a flat layer of the product]. // Vestnik vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizacii zhivotnovodstva. №4 (24) 2019. Pp. 101-104.
10. Vendin S.V., Bulavin S.A., Saenko Y.V. Obosnovanie chastoty vrashcheniya nozhej drobilki proroshchennogo zerna [Justification of the rotational speed of the knives of the sprouted grain crusher]. // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. 2015. №4. Pp. 9–12.
11. Vendin S.V., Saenko Y.V. Izmel'chenie proroshchennogo zerna dlya prigotovleniya kormovyh smesej [Grinding sprouted grain for the preparation of feed mixtures]: monografiya. Moscow, Belgorod: ООО «Central'nyj kollektor bibliotek «БИБКОМ». 2017. 137 p.
12. Volkov E.A. Chislennyye metody [Numerical methods]. M.: Nauka, 1987. 248 p.

Сведения об авторах

Вендин Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+7-4722-391136

Самсонов Валерий Александрович, доктор технических наук, профессор, главный редактор журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства», Россия, 127474, Москва, ГСП-6, Б-78, бульвар Бескудниковский, д. 23, корп. 1, кв. 15

Саенко Юрий Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+7-4722-381948 e-mail: yuriy311300@mail.ru

Семернина Марина Александровна, аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+7-4722-381948

Information about authors

Vendin Sergey Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Equipment and Electrotechnology at Agro-Industrial Complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin», 1, Vavilova ul., Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +7-4722-391136

Samsonov Valery Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Editor-in-Chief of the journal Mechanization and Electrification of Agriculture, Russia, 127474, Moscow, GSP-6, B-78, Beskudnikovsky boulevard, 23, building. 1, apt. 15

Saenko Yuri Vasilyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Machines and Equipment in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin», Vavilova ul., 1, Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +7-4722-3819 48, e-mail: yuriy311300@mail.ru

Semernina Marina Aleksandrovna, postgraduate student of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin», Vavilova ul., 1, Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +7-4722-381948

УДК 620.193.2:620.197.3

С.М. Гайдар, О.Н. Дидманидзе, А.Г. Пастухов, И.А. Посулько

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Аннотация. Одним из основных свойств надежности автотракторной техники в нерабочий период является сохраняемость, поэтому определяющее значение в эксплуатации имеет противокоррозионная защита машин. Это обусловлено рядом причин (многообразием природно-климатических условий, способом хранения, конструктивными решениями, технологией изготовления, применяемыми консервационными материалами, условиями эксплуатации и т.д.). Консервация и хранение периодически используемой автотракторной техники имеет ряд ключевых особенностей при консервации внутренних полостей агрегатов и систем, в частности, топливных систем. Для топливной системы характерными является два фактора, вызывающих снижение работоспособности: химическая коррозия являющаяся реакцией металла с коррозионно-агрессивными компонентами топлива (меркаптановая сера, сероводород, органические кислоты) и электрохимическая коррозия в результате накопления воды в топливе (атмосферная влага и конденсационная вода из продуктов сгорания топлива). Исследования влияния климатических факторов и агрессивности дизельного топлива на коррозионную стойкость металлов применяемых для изготовления топливной системы проводили на примере образцов из сталей Ст 3 и 08КП. Использовали дизельное топливо марок «Л» и «З» сорт «С» (содержание серы 6,9 мг/кг). Влияние факторов на процесс коррозии сталей определяли гравиметрическим методом на пластинах размером 50×50×1,2 мм. Результаты испытаний оценивали по скорости коррозии на основе потери массы на площади пластины за промежуток времени. Физическая модель испытаний включала топливный бак с дизельным топливом на 2/3 объема и образцы, подвешенные на капроновых нитях внутри бака по трем вариантам погружения. С целью оценки эффективности ингибитора коррозии в виде эфиров амидов жирных кислот в составе дизельного топлива. В результате проведенных исследований проведена оценка коррозионной стойкости образцов из сталей Ст 3 и 08КП, а также подтверждена эффективность защитной функции ингибитора коррозии на основе эфиров амидов жирных кислот.

Ключевые слова: техника, коррозия, защита, топливная система, стойкость.

INVESTIGATION OF CORROSION RESISTANCE OF ELEMENTS OF FUEL SYSTEM OF AUTOTRACTOR EQUIPMENT UNDER INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS

Abstract. One of the main properties of reliability of auto-tractor equipment during the non-working period is preservation, so the anti-corrosion protection of machines is of decisive importance in operation. This is due to a number of reasons (variety of natural and climatic conditions, storage method, design solutions, manufacturing technology, used preservation materials, operating conditions, etc.). Preservation and storage of periodically used auto-tractor equipment has a number of key features during preservation of internal cavities of units and systems, in particular, fuel systems. The fuel system is characterized by two factors causing a decrease in operability: chemical corrosion, which is a reaction of metal with corrosive fuel components (mercaptan sulfur, hydrogen sulfide, organic acids) and electrochemical corrosion as a result of water accumulation in the fuel (atmospheric moisture and condensation water from fuel combustion products). Studies of the influence of climatic factors and aggressiveness of diesel fuel on corrosion resistance of metals used for production of fuel system were carried out on the example of samples from steels St 3 and 08KP. Diesel fuel of grade "L" and "Z" grade "C" (sulphur content 6.9 mg/kg) was used. Influence of factors on process of corrosion staly was determined by a gravimetric method on plates of 50×50×1.2 mm in size. The results of the tests were evaluated based on the corrosion rate based on the weight loss per plate area over a period of time. The physical test model included a 2/3 volume diesel fuel tank and samples suspended on capron threads inside the tank according to three immersion options. In order to evaluate the effectiveness of the corrosion inhibitor in the form of fatty acid amide esters in diesel fuel. As a result of the studies carried out, the corrosion resistance of samples from steels St 3 and 08KP was evaluated, as well as the effectiveness of the protective function of the corrosion inhibitor based on fatty acid amide esters was confirmed.

Keywords: Machinery, corrosion, protection, fuel system, resistance.

Введение. Проблема увеличения сохраняемости автотракторной техники (АТТ) не может быть решена только за счет улучшения конструкции и качества выпускаемых изделий. Одной из основных причин снижения работоспособности АТТ является коррозионное разрушение ее деталей.

Для повышение сохраняемости АТТ предприятия-производители принимают различные меры защиты поверхностей деталей от коррозии, применяя: неорганические защитные пленки, гальвано- и лакокрасочные покрытия.

Внутренние же поверхности агрегатов и деталей, особенно топливных баков (ТБ), трубопроводов, валов, деталей поршневой группы, внутренних полостей топливных насосов и других остаются незащищенными. На их поверхностях постоянно происходит конденсация влаги из-за колебания температуры воздуха. Капли влаги, попадая на них, создают условие для электрохимической коррозии. Кроме электрохимической, они подвергаются и химической коррозии в результате контакта металлических поверхностей с коррозионно – агрессивными компонентами топлив, масел и других рабочих жидкостей [1, 2, 15, 16].

Анализ литературных данных показал, что при длительном хранении на открытых площадках АТТ наблюдаются значительные коррозионные разрушения топливной системы, особенно топливные баки [3-5, 14]. В тоже время недостаточно исследований, посвященных изучению поведения углеродистой стали в сернистом дизельном топливе, двухфазной среде «дизельное топливо – вода», а также отсутствует показатель скорости коррозии углеродистой стали 08КП и Ст 3 (материалы применяемые при изготовлении топливных баков) в обводненном дизельном топливе (ДТ). При обследовании топливных баков дизельных двигателей, оказалось, что загрязнения дизельного топлива непосредственно в баках происходит в значительной степени за счет продуктов коррозии [6].

Так, при зольности – загрязнений в дизельном топливе марки «Л» 80,26...81,71% в них оказалось Fe – 24,4...36,8 %, соответственно при 83,38...86,43% Fe – 29,9...48,6 в топливе марки «З». Полная характеристика загрязнений приведена в таблице 1.

В результате предварительного обследования в ТБ обнаружено значительное количество воды, часть воды попадает после конденсации влаги с внутренних поверхностей баков. Обводнение происходит также во время заправки. Кроме того, топливо обводняется в цистернах, во время хранения и транспортирования. В связи с тем, что в хозяйствах не имеется достаточного количества резервуаров для 10 – суточного отстоя, дизельного топлива приходится сливать из резервуаров без отстоя. При очередном сливе топлива из резервуара происходит перемешивание его вместе с отстоем, что увеличивает количество воды в топливе.

Таблица 1 - Характеристика загрязнений, вызванных коррозией топливных баков

Показатели	Дизельное топливо марки «Л»			Дизельное топливо марки «З»		
	Топливный бак	Фильтр грубой очистки	Фильтр тонкой очистки	Топливный бак	Фильтр грубой очистки	Фильтр тонкой очистки
Общая зольность загрязнений, %	70,28	73,34	81,71	83,38	68,58	66,43
Элементы загрязнений %						
Fe	23,4	35,0	30,8	48,6	35,2	29,8
Si	25,2	3,06	4,7	12,14	4,7	5,84
Mg	0,316	0,33	0,20	-	0,5	0,405
Na	0,7	-	-	-	-	0,16
Ca	2,35	1,65	0,48	1,1	1,95	1,99
Al	2,48	0,57	0,49	2,25	1,39	1,26
Cu	0,105	0,14	0,016	-	0,35	0,41
Ba	0,7	0,29	-	-	0,109	1,35

В топливных баках, особенно большой емкости, происходит «дыхание бака» при расходе топлива и изменении температуры атмосферы. При этом, чем меньше топлива в баке, тем больше попадает в него воздуха из атмосферы. Воздух заносит в ТБ пыль, влагу и вредные примеси. Обводненное топливо проникает в фильтр грубой и тонкой очистки. Вода не только оказывает коррозионное воздействие на металл, но и усложняет работу фильтров.

Вода в топливе не только непосредственно воздействует на металл, но и ускоряет окисление сернистых соединений до коррозионно-агрессивных сульфокислот, а это в свою очередь усиливает химическую реакцию.

Следовательно, химической коррозии всегда предшествует длительная электрохимическая коррозия, комбинации этих видов коррозии создают условия для максимального износа внутренней поверхности топливных баков.

Продукты коррозии ТБ при движении машины в результате вибрации отрываются, частично измельчаются и всегда находятся во взвешенном состоянии в полости бака. Кроме того, что продукты коррозии засоряют трубопроводы, вызывая внутренние простои, они проникают в топливную аппаратуру и оказывают заметный износ трущихся частей.

Наиболее крупные частицы оседают в фильтрах, выводя их преждевременно из строя. Мелкие частицы, минуя фильтры, проходят дальше, попадая в топливную аппаратуру, заклиниваются в зазорах, вызывая задиры рабочих поверхностей и приводят к их быстрому износу.

Как указывалось выше доля продуктов коррозии в топливных баках и остальных загрязнениях примерно равно, то уже в фильтрах грубой и тонкой очистки доля соединений железа увеличивается. Это обусловлено тем, что в фильтрах грубой и тонкой очистки задерживаются крупные частицы продуктов коррозии, а основная мелкодисперсная масса проникает далее в прецизионные пары топливной аппаратуры.

В результате преждевременных износов падает давление при подаче топлива в цилиндры, сокращая продолжительность впрыска, уменьшается подача топлива на рабочий цикл, ухудшается распыление топлива. Форсунки подтекают, на них образуется налет кокса. Вследствие неисправной топливной аппаратуры снижается мощность двигателя [2].

Таким образом, установлено, что внутренние поверхности топливных баков подвергаются значительным коррозионным разрушениям по следующим причинам: 1) отсутствие защитных покрытий; 2) коррозионной активности топлива; 3) попадание влаги в топливную систему; 4) обводнение топлива при хранении; 5) отсутствие эффективных ингибиторов коррозии.

Материалы и методы исследования. Для исследования влияния климатических факторов и агрессивности дизельного топлива на коррозионную стойкость металлов применяемых для изготовления топливной системы были использованы образцы из сталей Ст 3 и 08КП. В качестве ДТ было использовано топливо, производимое по ГОСТ 32511-2013 марки «Л» и «З», сорта «С» – содержание серы 6,9 мг/кг.

Влияние факторов на процесс коррозии сталей определяли гравиметрическим методом на пластинах размером 50×50×1,2 мм. Образцы взвешивали на аналитических весах.

Скорость коррозии K , г/(м²ч), оценивали по потерям массы Δm , г, на площади пластины S , м², усредненной из данных по трем (в жидкой фазе) и шести (в газовой фазе) образцам, за определенный промежуток времени τ , ч:

$$K = \frac{\Delta m}{S\tau}$$

Так как воздействие влаги (обводнение топлива) является одним из основных факторов вызывающих коррозию, была принята следующая схема эксперимента:

- а) нанесение капель воды на образцы, покрытые тонким слоем дизельного топлива;
- б) нанесение капель воды на образцы и помещение их под слой дизельного топлива

с использованием стеклянных сосудов с притертыми пробками.

Испытания проводили в камере влажности при температуре 20°С и 50°С при относительной влажности 100 %.

Исследование влияния климатических факторов на коррозию образцов, имитирующих внутренние поверхности топливных баков, было реализовано с помощью физической модели. В топливный бак заливалось дизельное топливо на 2/3 объема, образцы подвешивались на капроновых нитях внутри бака (по трем вариантам погружения) так, чтобы они: полностью погрузились в топливо, были расположены над топливом и наполовину погружены в топливо.

Перед испытаниями поверхности образцов тщательно зачищали шлифовальной бумагой, обезжиривали ацетоном и высушивали. Топливный бак устанавливали на стенде на открытой площадке. Испытания проводили в течение 12 месяцев.

После испытаний продукты коррозии снимали моющим раствором, содержащим 880 мл дистиллированной воды, 66 мл H₂SO₄, 100г C₆H₈O₇ и 10 г тиомочевины.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Оценка результатов испытаний показала, что при температуре 20°С вода, нанесенная на образцы с тонким слоем топлива капельным способом, вызывает коррозию на стальных пластинках в среднем через 15...25 мин. Капли

воды, нанесенные на чистые пластинки и опущенные под слой топлива, показали те же результаты.

Эксперименты, проведенные на образцах из стали при повышенной температуре $50 \pm 2^\circ\text{C}$ и 100 % относительной влажности показали, что после внесения образцов в камеру точечная коррозия появилась в течение 10...15 мин. Внешний вид образцов представлен на рисунке 1.

После оценки результатов испытаний образцов в стеклянных сосудах с притертыми пробками (среда - дизельное топливо обводнено 2% воды) наблюдается наступление коррозии в течение суток.

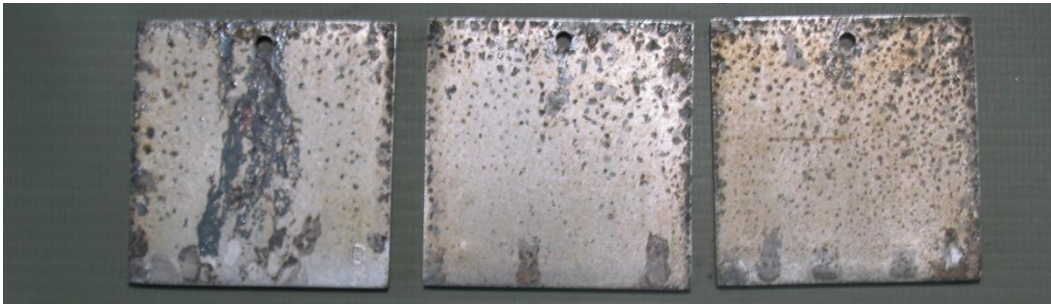


Рис. 1. Внешний вид образцов после испытаний при температуре $50 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажностью 100%

Для проверки эффективности ингибиторов коррозии в составе дизельных топлив был выбран маслорастворимый ингибитор, представляющий химическое вещество – эфиры амидов жирных кислот (ЭАЖК) [7-9]. Было испытано топливо с добавками ингибитора ЭАЖК в концентрации 1,0%, 1,5% и 2,0%. Использование ингибитора показало высокую коррозионную стойкость стальных пластин в среде обводненного топлива, так как через 30 суток испытания были прекращены ввиду того, что все образцы оказались без следов коррозии.

Испытания образцов, покрытых тонким слоем дизельного топлива с ингибитором при повышенной температуре и влажности, проводились в камере влажности в течение 3 суток. Оценка коррозии произведена в баллах [10, 11]. Результаты испытаний показали, что образцы, покрытые тонким слоем топлива, в камере влажности при температуре 50°C и 100% относительной влажности имеют сплошную коррозию – 10 баллов. Образцы, покрытые топливом с ингибитором, не имели коррозионных поражений.

Результаты испытаний представлены на рисунке 2.

Перед проведением испытаний на стенде, топливный бак осматривался через горловину визуально. Было замечено, что утром, даже в относительно сухую погоду, внутренняя поверхность топливного бака покрывается сконденсированной влагой. В процессе испытаний осмотр образцов и их взвешивание производились в первый месяц 2 раза в неделю, последующие месяцы – 1 раз в неделю.



а) образцы покрытые тонким слоем ДТ;



б) образцы покрытые тонким слоем ДТ с присадкой (2% ингибитора коррозии)

Рис. 2. Внешний вид образцов после испытаний

Уровень топлива в баке поддерживался все время постоянным на образцах, погруженных наполовину, нижняя часть опытных образцов прокорродировала меньше, чем верхняя. Образцы, которые были подвешены над топливом, имели более значительную коррозию, чем образцы, полностью погруженные в топливо. Коррозионные испытания продолжались 12 месяцев. Периодически, раз в месяц, производилось определение содержания воды в топливе по методу Дина – Старка в соответствии с ГОСТ 2477–2014.

Содержание воды в топливе колебалось в зависимости от времени года. Как видно из рисунка 3, содержание воды в топливе составило от 1,75 до 2,5%. Изменение температуры воздуха за время испытаний представлено на рисунке 4, влажности на рисунке 5.

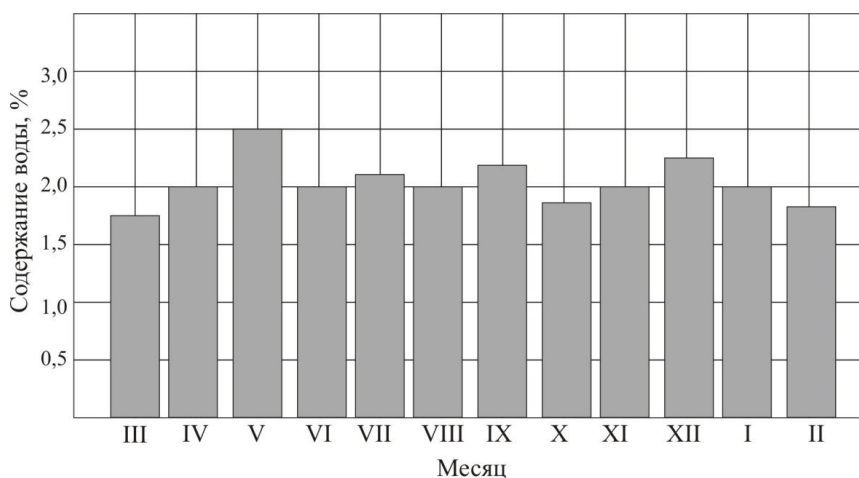


Рис. 3. Содержание воды в дизельном топливе в зависимости от времени года

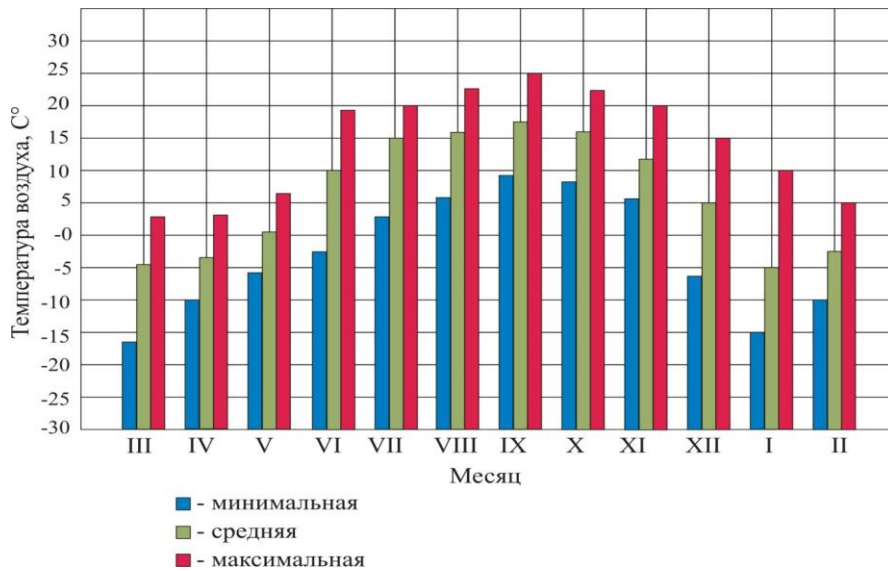


Рис. 4. Изменение температуры воздуха в период испытаний

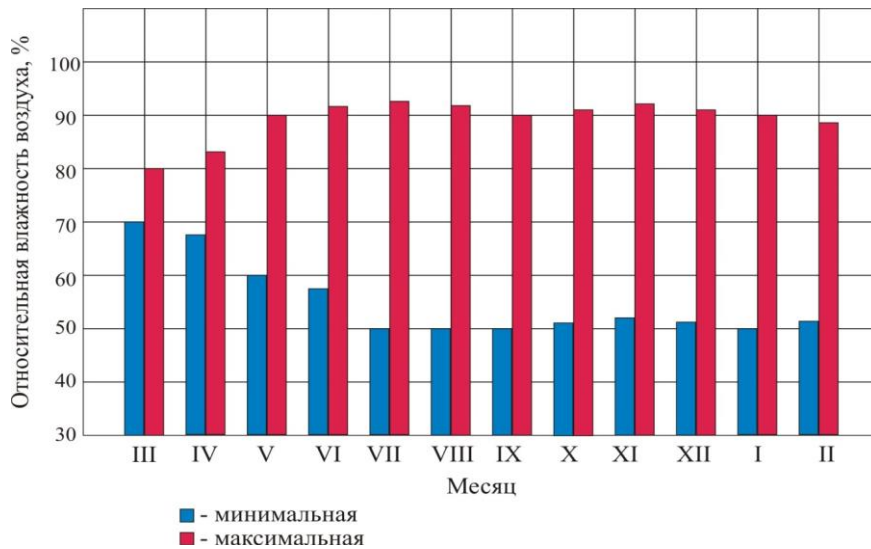


Рис. 5. Изменение относительной влажности в период испытаний

Результаты испытаний образцов, находившихся в топливном баке, приведены на рисунке 6 и таблице 2.

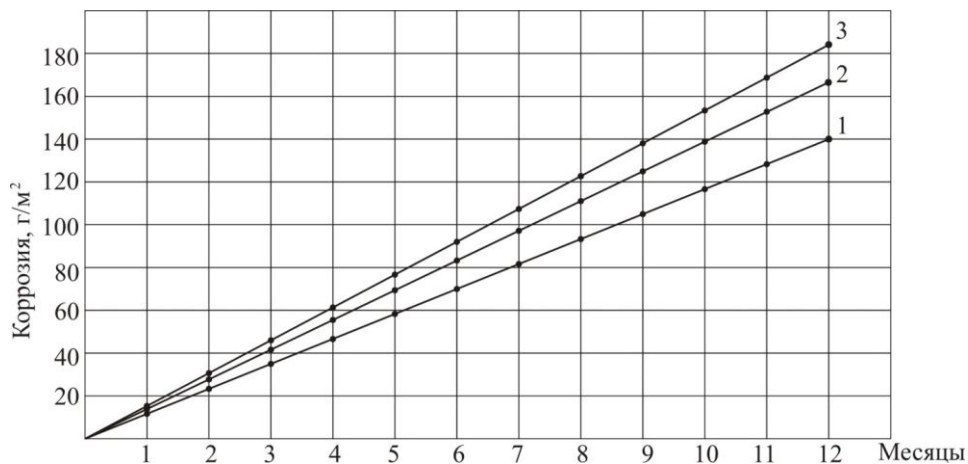


Рис. 6. Результаты коррозионных испытаний образцов в обводненном дизельном топливе

Таблица 2 - Результаты испытаний образцов в топливном баке

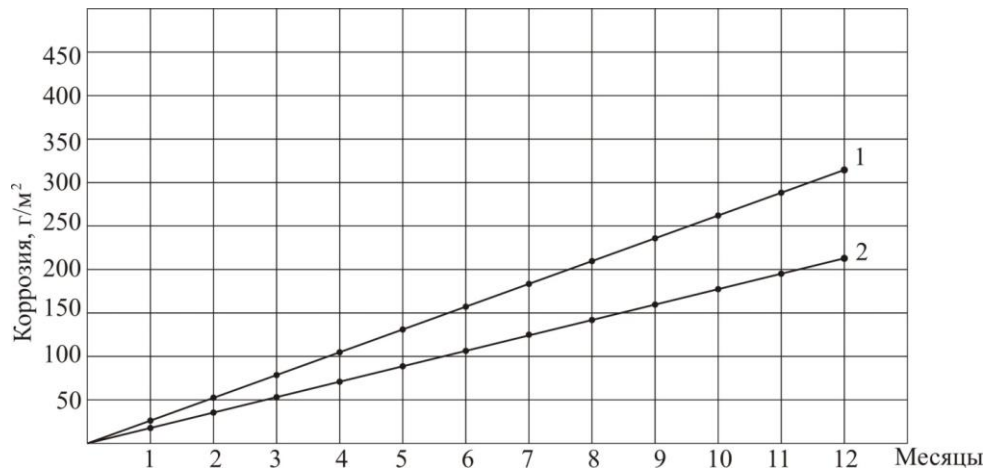
Недели	Результаты взвешивания, г			Недели	Результаты взвешивания, г		
	Образец 1	Образец 2	Образец 3		Образец 1	Образец 2	Образец 3
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0003	0,0003	0,0004	25	0,0075	0,0074	0,0073
	0,0003	0,0003	0,0005	26	0,0077	0,0078	0,0079
2	0,0006	0,0005	0,0003	27	0,0081	0,0080	0,0080
	0,0007	0,0005	0,0004	28	0,0085	0,0083	0,0085
3	0,0008	0,0007	0,0007	29	0,0087	0,0087	0,0087
	0,0008	0,0007	0,0007	30	0,0091	0,0093	0,0090
4	0,0012	0,0010	0,0010	31	0,0094	0,0094	0,0092
	0,0012	0,0010	0,0010	32	0,0097	0,0096	0,0095
5	0,0015	0,0014	0,0013	33	0,0098	0,0097	0,0096
6	0,0017	0,0018	0,0016	34	0,0100	0,0099	0,0100
7	0,0022	0,0021	0,0020	35	0,0105	0,0103	0,0102
8	0,0023	0,0023	0,0022	36	0,0108	0,0107	0,0106
9	0,0026	0,0027	0,0026	37	0,0111	0,0110	0,0108
10	0,003	0,0029	0,003	38	0,0115	0,0116	0,0109
11	0,0034	0,0032	0,0031	39	0,0117	0,0118	0,0112
12	0,0037	0,0036	0,0040	40	0,0120	0,0121	0,0118
13	0,0039	0,0040	0,0045	41	0,0123	0,0122	0,0119
14	0,0042	0,0041	0,0042	42	0,0125	0,0124	0,0121
15	0,0044	0,0043	0,0043	43	0,0127	0,0125	0,0124
16	0,0048	0,0046	0,0049	44	0,0132	0,0131	0,0129
17	0,0052	0,0051	0,0051	45	0,0136	0,0135	0,0134
18	0,0054	0,0053	0,0053	46	0,0139	0,0138	0,0137
19	0,0056	0,0055	0,0054	47	0,0140	0,0139	0,0139
20	0,0060	0,0057	0,0059	48	0,0144	0,0143	0,0145
21	0,0062	0,0060	0,0059	49	0,0149	0,0146	0,0146
22	0,0065	0,0063	0,0062	50	0,0150	0,0152	0,0150
23	0,0068	0,0067	0,0065	51	0,0152	0,0153	0,152
24	0,0072	0,0071	0,0070	52	0,0154	0,0157	0,0154

Оценка результатов эксперимента показала, что наибольшая коррозия 180 г/м^2 за 12 месяцев была на образцах, подвешенных над топливом (прямая - 3), несколько меньше на образцах с ватерлинией (прямая - 2) и еще меньше на образцах, находившихся в топливе - 140 г/м^2 (прямая -1).

Все образцы осматривались в период взвешивания. Визуальные наблюдения показали, что имеет место в основном равномерная коррозия, но некоторые пластины имели отдельные язвы глубиной до $0,02 \dots 0,03 \text{ мм}$.

В пересчете на год потери массы образцов составили $110 \dots 140 \text{ г/м}^2$. Для сравнения были проведены испытания в условиях воздействия климатических факторов на образцы из стали Ст 3 рисунок 7.

Проведенные испытания показали, что коррозия стали носит равномерный характер. Средняя потеря толщины образца составила $0,04 \text{ мм/год}$ или $330 \text{ г/м}^2 \text{ год}$. Глубина отдельных коррозионных язв за год достигла от $0,1$ до $0,2 \text{ мм}$. Потеря в весе в условиях сельской местности Московской области составила $210 \dots 230 \text{ г/м}^2$.



1 – промышленная зона; 2 – сельская местность

Рис. 7. Результаты коррозионных испытаний стальных пластин при воздействии климатических факторов

Выводы. На основании обобщения представленных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Результаты исследования влияния климатических факторов и агрессивности дизельного топлива на коррозионную стойкость металлов показали:

- при температуре 20°C порядок нанесения топлива и воды на образцы влияния не оказывает - коррозия на стальных пластинках возникает в среднем через 15...25 мин, а при повышенной температуре 50±2°C и 100 % относительной влажности процесс корроирования ускорился, т.к. точечная коррозия появилась в течение 10...15 мин;

- при испытаниях образцов в дизельном топливе, обводненном 2% воды, в стеклянных сосудах без доступа воздуха наблюдается наступление коррозии в течение суток.

2. Отмечено повышение коррозионной стойкости стальных пластин при применении маслорастворимого ингибитора коррозии ЭАЖК в составе дизельного обводненного топлива, так как через 30 суток испытаний следы коррозии на образцах не проявились, что характерно и для испытаний в камере при температуре 50°C и 100% относительной влажности, так как обработанные образцы не имели коррозионных поражений.

3. Перспективы дальнейших исследований обусловлены проведением эксплуатационных наблюдений на автотракторной технике производственных предприятий в реальных условиях.

Библиография

1. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорамиллов А.В. Коррозия и защита от коррозии // Под ред. И.В. Семеновой. 3-е изд. перераб. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 416 с.
2. Сафонов А.С., Ушаков А.И., Гришин В.В. Химмотология горюче-смазочных материалов // Санкт-Петербург: НПИКЦ, 2007. 488 с.
3. Северный А.Э. Сохраняемость и защита от коррозии сельскохозяйственной техники. М.: ГОСНИТИ, 1993. 233с.
4. Гайдар С.М., Заяц Ю.А., Заяц Т.М., Власов А.О. Подходы к определению технического состояния транспортных средств // Грузовик. 2015, №5. С 27-30.
5. Кравченко И.Н., Гайдар С.М., Жуков Л.В., Ларин П.Г. Обоснование факторов, оказывающих влияние на надежность специальной техники в особых условиях эксплуатации // Фундаментальные исследования. 2014. № 3-2. С. 262–266.
6. Ангеловский В.П. Результаты опытного хранения автомобилей КАМАЗ – 5320 / Отчет о НИР. В/ч 63539, Инв. №12418. 1987. 24с.
7. Гайдар С.М., Низамов Р.К., Гурьянов С.А., Голубев М.И. Теория и практика создания ингибиторов атмосферной коррозии // Техника и оборудование для села. 2012. №4. С. 8–10.
8. Гайдар С.М., Низманов Р.К., Прохоренко В.Д., Кузнецова Е.Г. Инновационные консервационные составы для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии // Техника и оборудование для села. 2012. №11. С. 40-43.

9. Гайдар С.М., Чумаков А.Г. Перспективы применения нанотехнологий в двигателестроении // *Авиационно – космическая техника и технология*. 2009. № 10 (67). С. 12- 16.
10. Гайдар С.М., Тарасов А.С., Лазарев В.А. Ингибиторы коррозии металлов // Патент на изобретение RU 2263160 С1, 27.10.2005. Заявка № 2004130182/02 от 12.10.2004.
11. Гайдар С.М., Кононенко А.С. Ингибированные составы для хранения сельскохозяйственной техники // *Техника в сельском хозяйстве*. 2011. № 3. С. 21-22.
12. Пыдрин А.В. Повышение коррозионной стойкости низкоуглеродистых сталей применением полифункциональных ингибиторов // *Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В.П. Горячкина*. 2016. №4 (74). С. 46-50.
13. Карелина М.Ю., Пыдрин А.В. Оптимальный ингибированный состав для антикоррозионной обработки машин и оборудования АПК // *Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: сборник*. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. 2015. С. 110–115.
14. Селиванов А.И., Артемьев Ю.Н. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники. М. : Колос, 1978. 248 с.
15. Решетников С.М., Гильмутдинов Ф.З., Борисова Е.М., Бакиева О.Р. Влияние имплантации кислорода на коррозионно – электрохимические свойства железа // *Коррозия: материалы, защита*. 2015. №10. с.1-8.
16. Михайлов А.А., Панченко Ю.М., Кузнецов Ю.И. Атмосферная коррозия и защита металлов. Тамбов: Изд-во Першина, 2016, 555 с.
17. Бернацкий П.Н., Шель Н.В., Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Котина А.Ю. Защитная эффективность ингибированных масляных пленок при коррозии углеродистой стали в растворах NaCl с оценкой вкладов их компонентов // *Вестник ТГУ*, 2015. Т. 20. Вып. 2. С. 414–418.
18. Караваева Н.М. Свойства и высокая реакционная способность металл-углеродных наноконпозигов // *Вестник технологического университета*. 2017. №19. С. 57–69.
19. Экилик В.В., Бережная А.Г., Экилик Г.Н., Балакшина Е.Н. К вопросу о классификации ингибиторов равномерной коррозии и роли электрохимического фактора в торможении процесса // *Коррозия: материалы, защита*. 2010. №5. С. 15-18.
20. Тюрина М.В., Чекулаев М.А., Авдеев Я.Г., Кузнецов Ю.И. Защита низкоуглеродистой стали в растворах минеральных кислот ингибитором серии ИФХАН – 29// *Коррозия: материалы, защита*. 2017. №3. С. 13-17/
21. Киреев С.Ю., Лось И.С., Розен А.Е., Перельгин Ю.П. Методика коррозионных испытаний многослойного металлического материала // *Коррозия: материалы, защита*. 2017 №8. С. 5-12.

References

1. Semenova I.V., Florianovich G.M., Horamilov A.V. Korrozija i zashhita ot korrozii [Corrosion and corrosion protection] // Pod red. I.V. Semenovoj. 3-e izd. pererab. i dop. M.: FIZMATLIT, 2010. 416 p.
2. Safonov A.S., Ushakov A.I., Grishin V.V. Himmotologija gorjuche-smazochnyh materialov [Chemmotology of fuels and lubricants] // Sankt–Peterburg: NPIKC, 2007. 488 p.
3. Severnyj A.Je. Sohranjaemost' i zashhita ot korrozii sel'skhozajstvennoj tehniki [Preservation and corrosion protection of agricultural machinery]. M.: GOSNITI, 1993. 233 p.
4. Gajdar S.M., Zajac Ju.A., Zajac T.M., Vlasov A.O. Podhody k opredeleniju tehničeskogo sostojanija transportnyh sredstv [Approaches to determining the technical condition of vehicles] // *Gruzovik*. 2015, №5. Pp. 27-30.
5. Kravchenko I.N., Gajdar S.M., Zhukov L.V., Larin P.G. Obosnovanie faktorov, okazyvajushhih vlijanie na nadezhnost' special'noj tehniki v osobyh uslovijah jekspluatacii [Justification of factors affecting the reliability of special equipment in special operating conditions] // *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014. № 3-2. Pp. 262–266.
6. Angelovskij V.P. Rezul'taty opytnogo hranenija avtomobilej KAMAZ – 5320 [Results of experimental storage of KAMAZ-5320 cars] / Otschet o NIR. V/ch 63539, Inv. №12418. 1987. 24 p.
7. Gajdar S.M., Nizamov R.K., Gur'janov S.A., Golubev M.I. Teorija i praktika sozdaniya ingibitorov atmosfernoj korrozii [Theory and practice of creating atmospheric corrosion inhibitors] // *Tehnika i oborudovanie dlja sela*. 2012. №4. Pp. 8–10.
8. Gajdar S.M., Nizmanov R.K., Prohorenko V.D., Kuznecova E.G. Innovacionnye konservacionnye sostavy dlja zashhity sel'skhozajstvennoj tehniki ot korrozii [Innovative preservative compositions for protecting agricultural machinery from corrosion] // *Tehnika i oborudovanie dlja sela*. 2012. №11. Pp. 40-43.
9. Gajdar S.M., Chumakov A.G. Perspektivy primenenija nanotehnologij v dvigatelestroenii [Prospects of nanotechnology application in engine building] // *Авиационно – космическая техника и технология*. 2009. № 10 (67). Pp. 12- 16.
10. Gajdar S.M., Tarasov A.S., Lazarev V.A. Ingibitory korrozii metallov [Inhibitors of corrosion of metals] // Патент на изобретение RU 2263160 S1, 27.10.2005. Заявка № 2004130182/02 от 12.10.2004.
11. Gajdar S.M., Kononenko A.S. Ingibirovannye sostavy dlja hranenija sel'skhozajstvennoj tehniki [Inhibited formulations for storage of agricultural machinery] // *Tehnika v sel'skom hozjajstve*. 2011. № 3. Pp. 21-22.
12. Pydrin A.V. Povyshenie korrozionnoj stojkosti nizkouglерodistyh stalej primeneniem polifunkcional'nyh ingibitorov [Increasing the corrosion resistance of low-carbon steels by using multifunctional inhibitors] // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta imeni V.P. Gorjachkina*. 2016. №4 (74). Pp. 46-50.

13. Karelina M.Ju., Pydrin A.V. Optimal'nyj ingibirovannyj sostav dlja antikorrozionnoj obrabotki mashin i oborudovanija APK [Optimal inhibited composition for anticorrosion treatment of agricultural machinery and equipment] // Innovacionnye napravlenija razvitija tehnologij i tehniceskikh sredstv mehanizacii sel'skogo hozjajstva: sbornik. Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I. 2015. Pp. 110–115.
14. Selivanov A.I., Artem'ev Ju.N. Teoreticheskie osnovy remonta i nadezhnosti sel'skohozjajstvennoj tehniki [Theoretical bases of repair and reliability of agricultural machinery.]. M. : Kolos, 1978. 248 p.
15. Reshetnikov S.M., Gil'mutdinov F.Z., Borisova E.M., Bakieva O.R. Vlijanie implantacii kisloroda na korrozionno – jelektrohimiicheskie svojstva zheleza [Influence of oxygen implantation on the corrosion-electrochemical properties of iron] // Korrozija: materialy, zashhita. 2015. №10. Pp.1-8.
16. Mihajlov A.A., Panchenkov Ju.M., Kuznecov Ju.I. Atmosfernaja korrozija i zashhita metallov [Atmospheric corrosion and metal protection]. Tambov: Izd-vo Pershina, 2016, 555 p.
17. Bernackij P.N., Shel' N.V., Vigdorovich V.I., Cygankova L.E., Kotina A.Ju. Zashhitnaja jeffektivnost' ingibirovannyh masljanyh plenok pri korrozii uglerodistoj stali v rastvorah NaCl s ocenкой вкладов ih komponentov [Protective effectiveness of inhibited oil films in corrosion of carbon steel in NaCl solutions with assessment of the contributions of their components] // Vestnik TGU, 2015. T. 20. Vyp. 2. Pp. 414–418.
18. Karavaeva N.M. Svojstva i vysokaja reakcionnaja sposobnost' metall-uglerodnyh nanokompozitov [Properties and high reactivity of metal-carbon nanocomposites] // Vestnik tehnologicheskogo universiteta. 2017. №19. Pp. 57–69.
19. Jekilik V.V., Berezhnaja A.G., Jekilik G.N., Balakshina E.N. K voprosu o klassifikacii ingibitorov ravnomernoj korrozii i roli jelektrohimiicheskogo faktora v tormozhenii processa [On the classification of uniform corrosion inhibitors and the role of the electrochemical factor in inhibiting the process] // Korrozija: materialy, zashhita. 2010. №5. Pp. 15-18.
20. Tjurina M.V., Chekulaev M.A., Avdeev Ja.G., Kuznecov Ju.I. Zashhita nizkouglerodistoj stali v rastvorah mineral'nyh kislot ingibitorom serii IFHAN – 29 [Protection of low-carbon steel in solutions of mineral acids with an inhibitor of the IFHAN – 29 series] // Korrozija: materialy, zashhita. 2017. №3. Pp. 13-17
21. Kireev S.Ju., Los' I.S., Rozen A.E., Perelygin Ju.P. Metodika korrozionnyh ispytanij mnogoslojnogo metallicheskogo materiala [Method of corrosion testing of multilayer metal material] // Korrozija: materialy, zashhita. 2017 №8. Pp. 5-12.

Сведения об авторах

Гайдар Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева», ул. Тимирязевская, д. 49, Москва, Россия, 127550, тел.:+7 (916)-7892576, e-mail: avtokon93@yandex.ru

Дидманидзе Отари Назирович, академик РАН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева», ул. Тимирязевская, д. 49, Москва, РФ 127550, тел. 8 (499) 977-10-14, e-mail: Didmanidze@rgau-msha.ru

Пастухов Александр Геннадиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической механики и конструирования машин, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8-4722-392390, E-mail: pastuhov_ag@bsaa.edu.ru

Посунько Иван Александрович, аспирант кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева», ул. Тимирязевская, д. 49, Москва, РФ 127550, тел. 8 (499) 976-14-38, e-mail: techmash@rgau-msha.ru

Information about authors

Gaidar Sergey Mikhailovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, head of the Department of materials science and engineering technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian state agrarian University – Timiryazev agricultural Academy», 49 Timiryazevskaya ul., Moscow, Russia, 127550, tel.: +7 (916)-7892576, e-mail: avtokon93@yandex.ru

Didmanidze Otari Nazirovich, Academician of the RAS, Doctor of Technical Sciences, Professor, head of the Department of tractors and automobiles, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian state agrarian University – Timiryazev agricultural Academy», 49 Timiryazevskaya ul., Moscow, Russia 127550, tel. 8 (499) 977-10-14, e-mail: Didmanidze@rgau-msha.ru

Pastukhov Alexander, Dr, professor, head of Department of Technical Mechanics and Machinery Design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. 8-4722-392390, E-mail: pastuhov_ag@bsaa.edu.ru

Posunko Ivan Alexandrovich, PhD student of the Department of materials science and engineering technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian state agrarian University – Timiryazev agricultural Academy», 49 Timiryazevskaya ul., Moscow, Russia, 127550, tel.: 8 (499) 976-14-38, e-mail: techmash@rgau-msha.ru

УДК 631.363.285

К.В. Казаков, А.С. Колесников

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА В ШНЕКОВОМ ПРЕССЕ

Аннотация. Важнейшая задача, стоящая перед страной – экономия энергоресурсов, их рациональное использование. Новая энергетическая политика имеет решающее значение для экономики страны, оздоровление окружающей среды и уменьшение зависимости от экспорта нефти по неоправданно низким ценам. Основные принципы энергетической политики в сельском хозяйстве предусматривают: решение социальных проблем села, устойчивое и надежное топливо- и энергосбережение, экологическую безопасность объектов энергетики и технологий, интенсивное энергосбережение (энергосберегающие технологии и оборудование, снижение энергоёмкости продукции, учет и регулирование энергопотребления, создание федеральных и региональных фондов и центров энергосбережения), использование автоматизированных электротехнологий и высококачественного топлива, повышение использования природного газа, электроэнергии, энергии солнца и биомассы, развитие малой энергетики. С повышением цен на энергоносители в последнее время на сахарных заводах свекловичный жом реализуют в кислом виде. Это приводит к большой потере питательных веществ, т.к. хранение жома в кислом виде увеличивает процесс ферментации питательных веществ. Такой жом плохо хранится. Технология получения сухого жома должна проходить в два этапа. Первый этап – обезвоживание до влажности 30-40 %. Второй этап – сушка с использованием вторичных энергоресурсов. Такая технология значительно сокращает расход энергии и повышает производительность агрегатов. Применение шнекового пресса позволяет улучшить технико-экономическую эффективность процесса первичной стадии в сушке свекловичного жома и снизить дальнейшие затраты на весь технологический процесс. Правильность принятых конструктивных решений подтвердил теоретический анализ рабочего процесса прессования свекловичного жома в предлагаемом шнековом прессе. В анализ входило: определение закономерностей обезвоживания свекловичного жома, а также выявление зависимостей конструктивных параметров шнекового пресса для расчета сил трения свекловичного жома о корпус матрицы, расчета усилий действующих на витки прессующего шнека и расчета энергии на отжим жома.

Ключевые слова: жом, пресс, прессование, шнек, матрица.

THEORETICAL ANALYSIS OF THE WORKING PROCESS OF PRESSING THE BEET PULP IN THE SCREW PRESS

Abstract. The most important task facing the country is the saving of energy resources, their rational use. The new energy policy is crucial for the country's economy, improving the environment and reducing dependence on oil exports at unreasonably low prices. The basic principles of the energy policy in agriculture include: solving rural social problems, sustainable and reliable fuel and energy conservation, environmental safety of energy facilities and technologies, intensive energy conservation (energy-saving technologies and equipment, reducing the energy intensity of products, accounting and regulation of energy consumption, creation of federal and regional funds and energy conservation centers), the use of automated electrical technologies and high-quality fuel, the increase in the use of natural gas, electricity, solar energy and biomass, the development of small energy. With an increase in energy prices, sugar beet pulp is being sold in acid form recently in sugar factories. This leads to a large loss of nutrients, as storage of pulp in acidic form increases the fermentation process of nutrients. This pulp is poorly stored. The technology for producing dry pulp should be carried out in two stages. The first stage is dehydration to a moisture content of 30-40%. The second stage is drying using secondary energy resources. This technology significantly reduces energy consumption and increases the performance of units. The use of a screw press can improve the technical and economic efficiency of the primary stage process in drying beet pulp and reduce further costs for the entire technological process. The correctness of the design decisions was confirmed by a theoretical analysis of the working process of pressing beet pulp in the proposed screw press. The analysis included: determining the patterns of dehydration of beet pulp, as well as identifying the dependences of the structural parameters of the screw press for calculating the friction forces of beet pulp on the matrix body, calculating the forces acting on the turns of the pressing screw and calculating the energy for pressing the pulp.

Keywords: pulp, press, pressing, screw, matrix.

Введение. Важнейшая задача, стоящая перед страной – экономия энергоресурсов, их рациональное использование. Новая энергетическая политика имеет решающее значение для экономики страны, оздоровление окружающей среды и уменьшение зависимости от экспорта нефти по неоправданно низким ценам. Основные принципы энергетической политики в сельском хозяйстве предусматривают: решение социальных проблем села, устойчивое и надежное топливо- и энергосбережение, экологическую безопасность объектов энергетики и техноло-

гий, интенсивное энергосбережение (энергосберегающие технологии и оборудование, снижение энергоемкости продукции, учет и регулирование энергопотребления, создание федеральных и региональных фондов и центров энергосбережения), использование автоматизированных электротехнологий и высококачественного топлива, повышение использования природного газа, электроэнергии, энергии солнца и биомассы, развитие малой энергетики.

Наряду с дальнейшим совершенствованием традиционных теплогенерирующих способов и технических средств для теплоснабжения производства разработаны новые эффективные методы производства и пользования низко потенциальной энергии окружающей среды и тепловых отходов животноводческих ферм [1, 2].

Значительные резервы экономии топливно-энергетических ресурсов заложены в использовании вторичных энергоресурсов [3-5].

Использование в сельскохозяйственной теплоэнергетике вторичных и нетрадиционных источников энергии требует создания принципиально новых подходов к технологиям обезвоживания и сушки кормов.

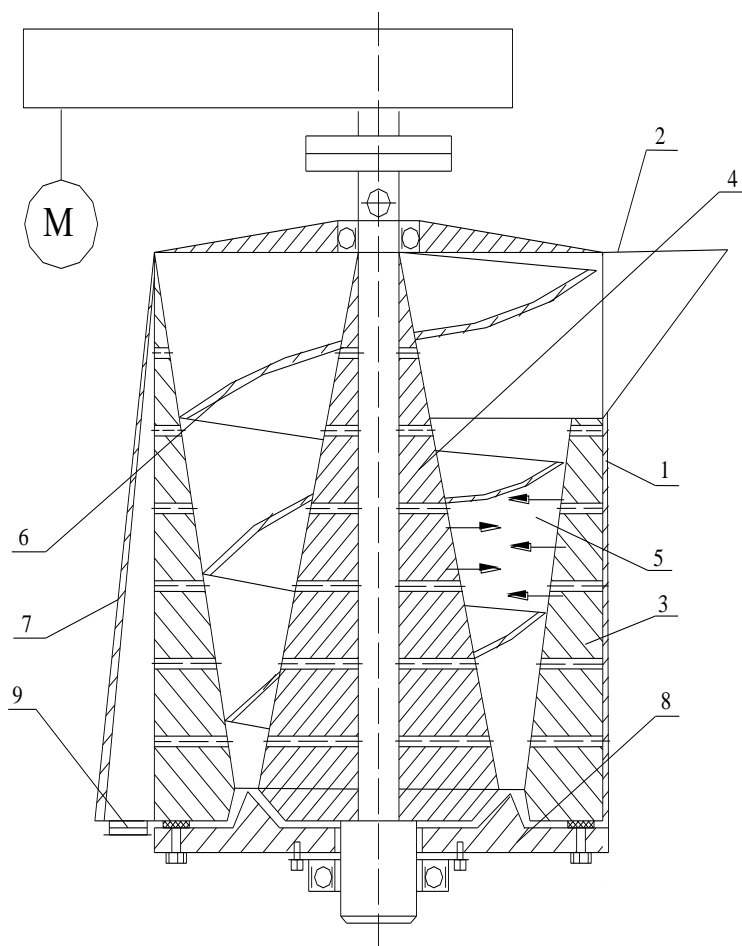
С повышением цен на энергоносители в последнее время на сахарных заводах свекловичный жом реализуют в кислом виде. Это приводит к большой потере питательных веществ, т.к. хранение жома в кислом виде увеличивает процесс ферментации питательных веществ. Такой жом плохо хранится. Технология получения сухого жома должна проходить в два этапа. Первый этап – обезвоживание до влажности 30-40 %. Второй этап – сушка с использованием вторичных энергоресурсов. Такая технология значительно сокращает расход энергии и повышает производительность агрегатов. Поэтому создание оборудования для обезвоживания жома является задачей актуальной и имеющей большое народнохозяйственное значение.

В зависимости от способов обезвоживания жома применяют различные средства механизации для выполнения этого процесса. Наиболее распространенным и эффективным оборудованием являются шнековые прессы.

Для легкого прессования жома применяют горизонтальные и наклонные шнековые прессы, а для среднего и глубокого – вертикальные шнеки.

Из проведенного анализа конструкций шнековых прессов наиболее перспективными являются вертикальные конические шнековые прессы. Как свидетельствует анализ конструктивных особенностей прессов, к недостаткам следует отнести: низкую степень прессования; высокую энергоемкость при сходе массы за счет сгуживания и неравномерного схода прессуемого материала; беспорядочный разброс массы на выходе, что затрудняет подачу отжатого материала на последующие рабочие органы технологической линии.

Разработан вертикальный конический шнековый пресс с перфорированной матрицей (рисунок 1). Предлагаемый шнековый пресс предназначен для отжима жидкости преимущественно из растительных материалов, а в частности из свекловичного жома. Пресс состоит из корпуса с загрузочным бункером, перфорированной матрицы, причем внутренняя поверхность матрицы имеет конусообразное сечение; полого перфорированного конусного шнекового вала для стока отжатой жидкости, причем увеличение диаметра направлено в сторону уменьшения внутреннего диаметра перфорированной матрицы; камера прессования состоит из ограниченного пространства между лопастями конусного шнекового вала и перфорированной матрицы; конусного запорного элемента, в виде конусного кольца, предназначенного для обеспечения подпора прессуемого свекловичного жома и регулировки степени отжима, причем степень отжима зависит от размера выходного отверстия, предусмотренного для выхода отжатого свекловичного жома. Размер выходных отверстий изменяется с помощью регулировочных болтов, путем установки прокладок на необходимый размер выходного отверстия. Отверстия, предусмотренные для выхода отжатого свекловичного жома, выполнены с увеличивающейся площадью сечения в направлении выхода свекловичного жома. В корпусе предусмотрено отверстие для слива отжатой жидкости. Для предотвращения проворачивания прессуемой массы в перфорированной матрице сделаны пазы по линии движения материала.



1 - корпус; 2 - бункер загрузочный; 3 – матрица; 4 – шнековый вал; 5 – камера прессования; 6 – лопасть шнека; 7 - емкость; 8 – запорный элемент; 9 – отверстие

Рис. 1. Шнековый пресс (патент 2173636)

Конструкция и принцип работы предлагаемого шнекового пресса будут понятны из следующего описания и прилагаемого чертежа.

Отжим жидкости из свекловичного жома осуществляется следующим образом. Шнековый вал 4 захватывает и увлекает свекловичный жом, который поступает через загрузочный бункер 2 и в камеру прессования 5. Камера прессования 5 состоит из ограниченного пространства между лопастями конусного шнекового вала 4 и перфорированной матрицы 3. Необходимо заметить, что конструкция перфорированной матрицы 3 и конусного шнекового вала 4 позволяет создать равномерное напряжение сжатия свекловичного жома во всех плоскостях (см. стрелки). Конусный запорный элемент 8, в виде конусного кольца, обеспечивает подбор прессуемого свекловичного жома и регулирует степень отжима. Степень отжима зависит от размера отверстий, предусмотренных для выхода отжатого свекловичного жома. Размер выходных отверстий изменяют с помощью регулировочных болтов, путем установки прокладок на необходимый размер выходного отверстия. Избыточная жидкость сливается через отверстия в перфорированной матрице 3 и в полую, перфорированную конусную шнековую валу 4. В корпусе предусмотрено отверстие 9 для слива отжатой жидкости. Отверстия для выхода отжатого свекловичного жома наполнены с увеличивающейся площадью сечения в направлении выхода свекловичного жома. Для предотвращения проворачивания прессуемой массы в перфорированной матрице сделаны пазы по линии движения материала. На наш взгляд, все это позволяет улучшить технико-экономическую эффективность процесса первичной стадии в сушке свекловичного жома и снизить дальнейшие затраты на весь технологический процесс.

Правильность принятых конструктивных решений необходимо подтвердить теоретическим анализом рабочего процесса прессования свекловичного жома в предлагаемом шнековом прессе. Поэтому с этой целью был произведен теоретический анализ, в который входило: определение закономерностей обезвоживания свекловичного жома, а также выявление зависимостей конструктивных параметров шнекового пресса для расчета сил трения свекловичного жома о корпус матрицы, расчета усилий действующих на витки прессующего шнека и расчета энергии на отжим жома.

Материал и методы исследования. Рассмотрим закономерности обезвоживания свекловичного жома. Характер обезвоживания жома, по нашему мнению, можно представить как процесс изменения плотности кормового материала в результате сжатия. При рассмотрении закономерностей обезвоживания жома можно выделить следующие этапы взаимодействия рабочего органа с жомом при сжатии: вначале (во время непосредственного сжатия) плотность его возрастает от начальной ρ_0 до максимальной ρ_{\max} и увеличивается сопротивление сжатию; затем в течение выдержки под давлением происходит релаксация напряжений, т.е. давление со стороны материала на рабочий орган уменьшается; во время освобождения плотность сжатого материала уменьшается, что сопровождается снижением до нуля давления на рабочий орган. Рассмотрим подробно закономерности сжатия на каждом этапе.

Предложенные многими исследователями эмпирические зависимости давления p от плотности ρ сжимаемого материала сводится либо к параболическим вида

$$p = a\rho^B, \quad (1)$$

либо к экспоненциальным [6] вида

$$p = ae^{B\rho}, \quad (2)$$

где a и B – эмпирические коэффициенты.

Процессы, подчиняющиеся экспоненциальному закону, встречаются в природе и технике особенно часто и в тех случаях, когда интенсивность изменения какой – либо величины пропорциональна самой этой величине. По нашему мнению, наиболее приемлемой можно считать зависимость

$$p = k[\exp a(\rho - \rho_0) - 1], \quad (3)$$

которую можно подтвердить экспериментальными данными, в большом диапазоне измерений p и ρ . Входящие в зависимость (3) эмпирические коэффициенты k и a в свою очередь являются функциями ряда переменных, в том числе начальной плотности. Это - весьма важный в технологическом отношении параметр, и его целесообразно ввести в качестве особой переменной.

Изменение плотности материала при переходе его от одной ступени рабочего органа к другой ступени служат основным фактором, определяющим их энергоемкость.

Зависимости входящих в эмпирическую формулу (3) коэффициентов k и a от начальной плотности материала имеют вид

$$k = \frac{1}{A + B\rho_0 + C\rho_0^2}; \quad (4)$$

$$a = D + E\rho_0 + K\rho_0^2 + L\rho_0^3, \quad (5)$$

где A, B, C, D, E, K и L – коэффициенты для свекловичного жома значение которых необходимо получить эмпирическим путем.

Чтобы получить материал определенной плотности, к жому необходимо приложить большее давление, которое можно определить из следующего выражения.

Окончательно

$$p = \frac{\exp\left[(D + E\rho_0 + K\rho_0^2 + L\rho_0^3)(\rho - \rho_0)\right] - 1}{A + B\rho_0 + C\rho_0^2}. \quad (6)$$

Следует отметить, что формула (6) учитывает только давление, необходимое для доведения материала до заданной плотности, и не отражает потерь давления на преодоление сопротивления трения сжимаемого материала о рабочие органы. Поэтому сопротивление трения необходимо определить дополнительно.

Для качественного анализа процесса деформации сжатия можно прибегнуть к наглядным аналогиям из области механических систем [7]. Так как в этом случае проявляются упругие свойства как скелета в целом, так и собственного материала, упруго–пластические свойства позволяют, в первом весьма грубом приближении, представить свойства свекловичного жома в виде модели (рисунок 2), в которой пружины с податливостью E_1 и E_2 служат эквивалентом упругих свойств, а катаракт (наполненный вязкой жидкостью цилиндр, в котором перемещается поршень с отверстиями), включенный последовательно с одной из пружин, - пластических.

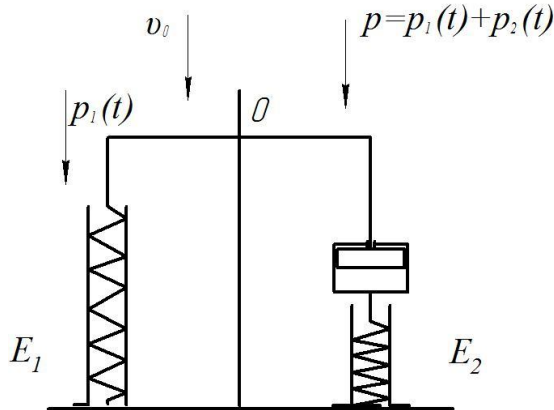


Рис. 2. Схема лабораторной установки для определения влажности свекловичного жома

Составим уравнение перемещения точки O нашей модели:

$$p_1(t)E_1 = v_0 t. \quad (7)$$

Чтобы определить $p_2(t)$ воспользуемся следующими рассуждениями. При перемещении поршня в катаракте на величину

$$\int_0^t \varphi p_2(t) dt, \quad (8)$$

пружина сожмется на величину $p_2(t)E_2$ таким образом

$$p_2(t)E_2 + \int_0^t \varphi p_2(t) dt = v_0 t, \quad (9)$$

где φ – линейное перемещение поршня в единицу времени под действием силы в 10 Н. Продифференцировав левую и правую части уравнения (9) по времени, получим

$$v_0 = p_2(t)E_2 + p_2(t), \quad (10)$$

или

$$p_2(t) + \frac{\varphi}{E_2} p_2(t) = \frac{v_0}{E_2}. \quad (11)$$

Общее решение уравнения (11)

$$p_2(t) = \left(\int \frac{v_0}{E_2} dt \exp \frac{\varphi}{E_2} dt + C \right) \exp \left(- \int \frac{\varphi}{E_2} dt \right),$$

или

$$p_2(t) = \frac{v_0}{\varphi} + C \exp \left(- \frac{\varphi}{E_2} t \right). \quad (12)$$

Начальное условие для выражения (12)

$$\begin{cases} -t = 0, \\ p_2(t) = 0. \end{cases} \quad (13)$$

Следовательно

$$C = \frac{v_0}{\varphi} \quad (14)$$

и

$$p_2(t) = \frac{v_0}{\varphi} \left[1 - \exp\left(-\frac{\varphi}{E_2} t\right) \right]. \quad (15)$$

На основании уравнений (7) и (14)

$$p = p_1(t) + p_2(t) = \frac{v_0 t}{E_1} + \frac{v_0}{\varphi} \left[1 - \exp\left(-\frac{\varphi}{E_2} t\right) \right]. \quad (16)$$

Проанализируем уравнение (14) при условии, что модель сдеформированна на величину X_{\max} и выдерживается под давлением в течение определенного промежутка времени. Тогда выражения (7) и (9) для схемы, изображенной на рисунке 2 можно переписать следующим образом:

$$\begin{cases} p_{1\max} E_1 = X_{\max}, \\ p_2(t) E_2 + \int_0^t \varphi p_2(t) dt = X_{\max}. \end{cases} \quad (17)$$

Дифференцирование левой и правой частей второго уравнения системы (17) по времени дает

$$p_2(t) E_2 + \varphi p_2(t) = 0. \quad (18)$$

Общее решение этого дифференциального уравнения

$$p_2(t) = C \exp\left(-\frac{\varphi}{E_2} t\right). \quad (19)$$

Постоянную интегрирования C находим из начальных условий

$$\begin{cases} p_2(t) = p_2(t), \\ t = 0 \end{cases}, \quad (20)$$

т.е.

$$C = p_{2\max}, \quad (21)$$

тогда

$$p_2(t) = p_{2\max} \exp\left(-\frac{\varphi}{E_2} t\right) \quad (22)$$

и

$$p = p_{1\max} + p_2(t) = \frac{X_{\max}}{E_1} + p_{2\max} \exp\left(-\frac{\varphi}{E_2} t\right). \quad (23)$$

Анализ уравнения (23) показывает, что при увеличении времени выдержки модели под давлением напряжение в ней уменьшается, стремясь к постоянной величине

$$p_{1\max} = \frac{X_{\max}}{E_1}. \quad (24)$$

Иными словами происходит релаксация напряжений – процесс изменения их во времени как результат пластической деформации. Характер изменения напряжений в модели с увеличением выдержки ее при постоянной деформации графически показан на рисунке 3.

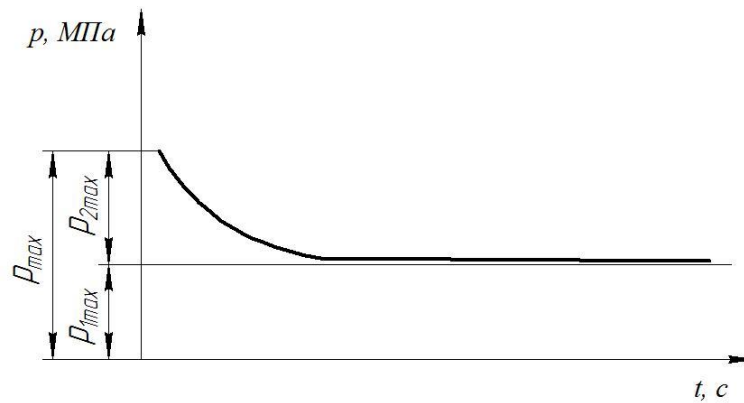


Рис. 3. Зависимость напряжений давления p от времени выдержки t , при постоянной деформации

Поскольку в рассматриваемом нами случае коэффициенты E_1 и E_2 характеризующие податливость пружин, и коэффициент катаракта φ предполагались постоянными, полученные уравнения применимы для описания процесса сжатия упруго–пластического материала лишь в небольших интервалах изменения плотности [8]. Чтобы распространить наши уравнения на весь интервал изменения плотности деформируемого материала, необходимо составить исходные уравнения перемещений, записывая в них значения коэффициентов в виде функций плотности, которая в свою очередь прямо пропорциональна перемещению или времени. Эти функции должны быть определены экспериментально для каждого конкретного случая. Как следует из зависимости (23), при $t = 0$ мы имеем начальное давление, которое необходимо приложить к материалу, чтобы сжать его до заданной плотности

$$P_{\max} = P_{1\max} + P_{2\max} \cdot \quad (25)$$

Таким образом, задаваясь максимальной плотностью и зная начальную плотность, мы всегда можем определить p_{\max} . Выразив в уравнении (23) значения $p_{1\max}$ и $p_{2\max}$ через p_{\max} ($p_{1\max} = mp_{\max}$ и $p_{2\max} = np_{\max}$), имея при этом в виду, что $m + n = 1$. Обозначим также $\varphi: E_2 = Bt$. Тогда получаем

$$p_t = mp_{\max} + np_{\max} \exp(Bt) \cdot \quad (26)$$

Выполним расчет сил трения свекловичного жома о корпус матрицы. Массовый расход жома в шнеке пресса определяется

$$Q_D = \frac{\pi}{4} (D^2 - d_B^2) S_D \psi n_0 \rho_0, \quad (27)$$

где D – диаметр шнека дозатора, м; d_B – диаметр вала шнека, м; S_D – шаг витков, м; n_0 – частота вращения, мин⁻¹; ρ_0 – насыпная плотность свекловичного жома, кг/м³; ψ – коэффициент заполнения межвиткового пространства.

Мощность привода шнека дозатора с достаточной точностью можно определить по следующей формуле:

$$N = \frac{9,81QLK'K''}{\eta}, \quad (28)$$

где N – мощность потребляемая прессом, кВт; L – длина шнека пресса, м; K' – коэффициент, учитывающий сопротивление перемещения корма в корпусе шнека; K'' – коэффициент, учитывающий потери энергии на преодоление сил трения в подшипниках пресса; η – КПД привода пресса.

При вращении прессующего шнека свекловичный жом движется в осевом направлении. Матрица шнека имеет направляющие пазы исключаящие вращение жома при уплотнении и перемещении.

Мощность, необходимая для преодоления сил трения смеси о внутреннюю поверхность матрицы (рисунок 4), определяется по формуле:

$$N = \frac{F_6 V}{1000} \cdot \quad (29)$$

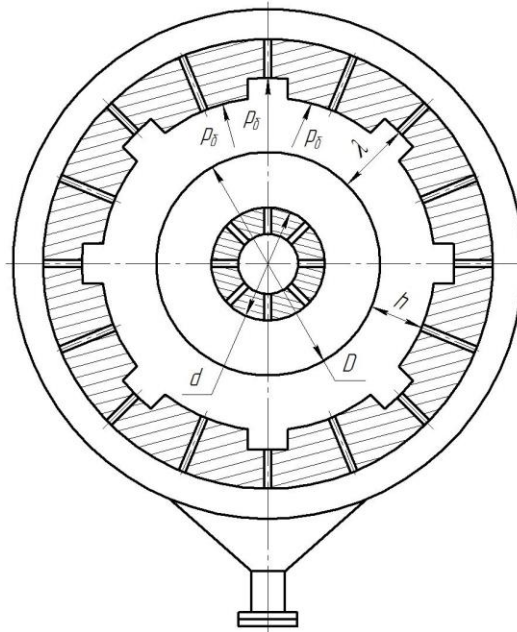


Рис. 4. Расчетная схема сил трения свекловичного жома о корпус матрицы

Сила трения свекловичного жома о корпус матрицы определяется

$$F_{\delta} = fp_{\delta}C_{\delta}, \quad (30)$$

где f – коэффициент трения жома о матрицу; p_{δ} – радиальное давление свекловичного жома на внутреннюю поверхность матрицы, Па; C_{δ} – внутренняя площадь поверхности матрицы, м².

Определим внутреннюю площадь поверхности матрицы

$$C_{\delta} = \pi(D + 2\lambda)L, \quad (31)$$

где λ – радиальный зазор между наружной кромкой шнека и внутренней поверхностью паза матрицы, м.

Тогда подставив значения внутренней поверхности в выражение (30), получим силу бокового трения жома о внутреннюю поверхность матрицы

$$F_{\delta} = fp_{\delta}\pi(D + 2\lambda)L. \quad (32)$$

Определим скорость движения жома вдоль образующей поверхности матрицы:

$$V = Sn\Psi, \quad (33)$$

где: S – шаг витков шнека в зоне загрузки, м; n – частота вращения прессующего шнека, мин⁻¹; Ψ – коэффициент, учитывающий отставание движения свекловичного жома относительно движения шнека.

Решив совместно уравнения (29) и (32) получим мощность потребляемую прессом:

$$N = \frac{\pi}{1000} fp_{\delta}(D + 2\lambda)LSn\Psi. \quad (34)$$

Коэффициент трения свекловичного жома о матрицу равен:

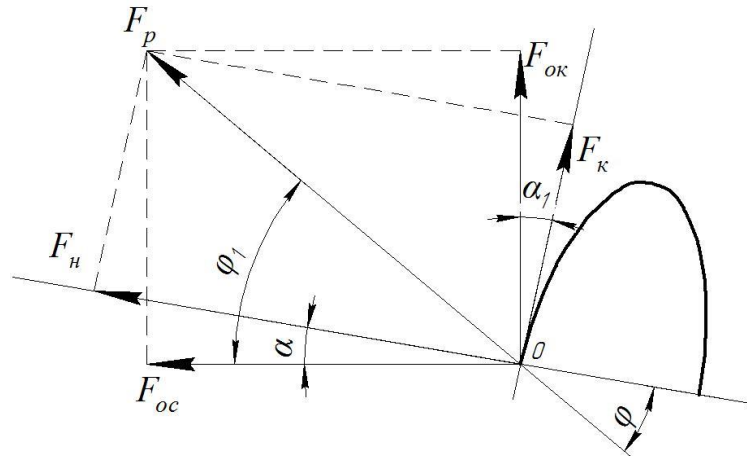
$$f = 0,7f_0, \quad (35)$$

где f_0 – коэффициент трения покоя.

Проведем оценку усилий, действующих на витки прессующего шнека. При трении свекловичного жома о витки вращающегося шнека, жом прессуется и частично перетирается. Осевую силу, создаваемую вращающимся шнеком и действующим на жом можно определить из схемы (рисунок 5), по формуле

$$F_{oc} = \frac{\pi}{4} p_{y\delta}(D^2 - d^2)\beta z, \quad (36)$$

где β – коэффициент, учитывающий площадь витка, на который спрессовывается жом;
 z – число витков участвующих в работе; $p_{y\partial}$ – удельное давление на жом в зоне выхода, Па.



α_1 – угол подъема винтовой линии шнека, град; ϕ_1 – угол трения жома о поверхность шнека, град

Рис. 5. Расчетная схема усилий действующих на витки прессующего шнека

Влияние площади проходного сечения на выходе жома на давление подчиняется гиперболическому закону первого порядка

$$p_{y\partial} = \frac{A_0}{R} + B, \quad (37)$$

где A_0 и B – коэффициенты, которые необходимо определить эмпирическим путем; R – площадь сечения отверстия выхода, м².

Обозначим $F_{ок}$ - окружное усилие, действующее на шнек. Складывая осевую силу $F_{ос}$ и окружное усилие $F_{ок}$ получаем равнодействующую F_p , которую затем разложим по двум направлениям: по нормали к плоскости витка шнека (усилие F_n) и касательной к поверхности витка F_k (усилие трения). Тогда зависимость между окружным усилием $F_{ок}$ и осевой силой $F_{ос}$ следующая:

$$F_{ок} = F_{ос} \operatorname{tg}(\alpha_1 + \phi_1). \quad (38)$$

Момент на валу шнека уравнивается суммой элементарных моментов от сил трения и нормальных усилий:

$$dM = r_u \left(\int dF_n \sin \alpha_1 + \int dF_k \cos \alpha_1 \right), \quad (39)$$

заменив

$$dF_k = dF_n \operatorname{tg} \phi, \quad (40)$$

и подставив в уравнение (39) после интегрирования получим

$$M = r_u F_n (\sin \alpha_1 + \cos \alpha_1 \operatorname{tg} \phi), \quad (41)$$

где r_u – радиус приложения окружного усилия к винту шнека, м,

$$r_u = (0,7 \dots 0,8) \frac{D}{2}. \quad (42)$$

Из рисунка 4 находим

$$F_{ок} = F_p \sin(\alpha_1 + \phi_1); \quad (43)$$

$$F_p = \frac{F_n}{\cos \phi_1},$$

или

$$F_{ок} = F_n (\sin \alpha_1 + \cos \alpha_1 \operatorname{tg} \phi). \quad (44)$$

Решив совместно уравнения (39) и (44) и подставив значение F_{oc} из уравнения (38) получим:

$$M = \frac{\pi}{4} r_{uu} p_{y\delta} (D^2 - d^2) \beta z t g (\alpha_1 + \varphi_1). \quad (45)$$

Определим элементарный момент трения на выходном отверстии шнекового пресса. На рисунке 6 представлена схема для определения момента трения на выходном окне.

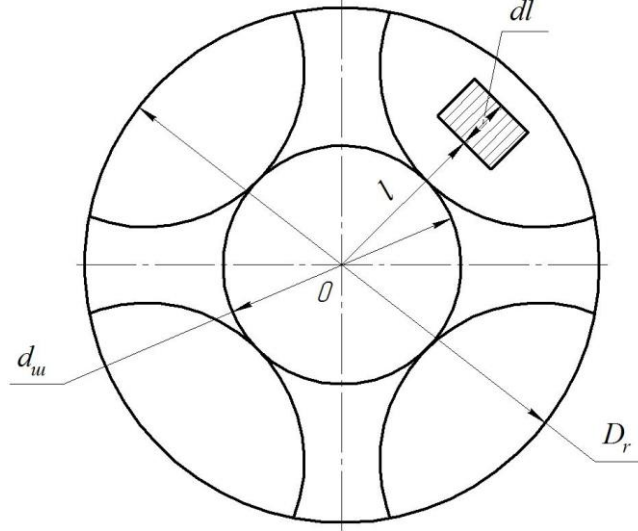


Рис. 6. Схема для определения момента трения M_{np} в выходном окне

Как видно из схемы элементарный момент трения на выходном отверстии пресса:

$$dM_{np} = 2\pi p_{y\delta.om} f_{np} l^2 dl, \quad (46)$$

где l – расстояние от центра вращения вала шнека до элементарной кольцевой площадки, м; f_{np} – приведенный коэффициент трения для кольцевой опоры.

$$f_{np} = \frac{2}{3} f_{\delta\delta} \left(\frac{D_r}{D_r - d_{uu}} + \frac{d_{uu}}{D_r} \right), \quad (47)$$

где $f_{\delta\delta}$ – коэффициент трения жомов о стенки выходного отверстия; D_r, d_{uu} – наружный и внутренний диаметр шнека, м.

Момент трения

$$M_{np} = \frac{\pi}{12} P_{y\delta.om} f_{np} z_{om} C_p (D_r^3 - d_{uu}^3), \quad (48)$$

Момент трения на всех отверстиях пресса

$$M_{np.om} = \frac{\pi}{12} P_{y\delta.om} f_{np} z_{om} C_p (D_r^3 - d_{uu}^3), \quad (49)$$

где z_{om} – число выходных отверстий пресса; C_p – коэффициент, учитывающий использование поверхности отверстия пресса.

Выполним расчет энергии на отжим жомов. Расход энергии на дозирование и отжим жомов в рабочем органе шнекового пресса будет равен

$$A = A_D + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6, \quad (50)$$

где A_D – энергия, необходимая для дозирования и подачи жомов в рабочий орган пресса, Дж; A_1 – энергия, необходимая для преодоления сил трения перемещаемой массы о внутренние стенки корпуса и сил внутреннего трения частиц в смеси, Дж; A_2 – энергия, необходимая для перемещения жомов в рабочем органе, Дж; A_3 – энергия, необходимая для преодоления сил трения жомов о винтовую поверхность прессующего шнека при перемещении ее вдоль оси вала, Дж; A_4 – энергия сил трения выхода жидкой фракции через отверстия матрицы, Дж; A_5

– энергия сил инерции при сообщении скорости жома от нуля до скорости движения по винту шнека, противодействия экструзионной головки, Дж; A_6 – энергия, необходимая для преодоления сил трения в передаточном механизме от электровыключателя к прессующему шнеку, Дж.

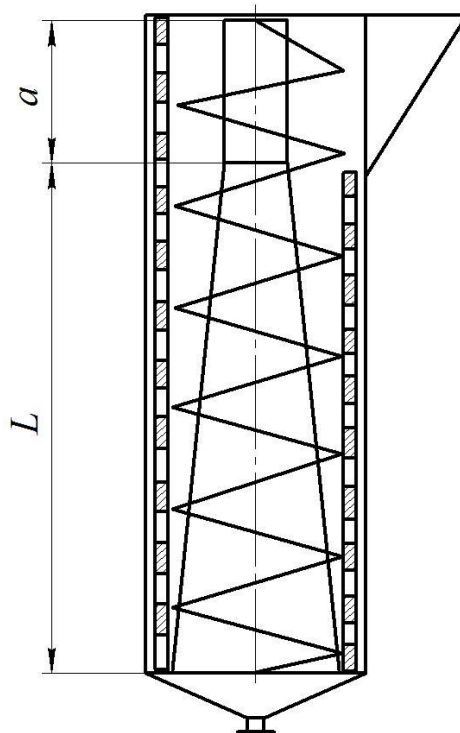
Механическая работа, совершаемая при отжиме жома, преобразуется в тепловую энергию вызывающей нагрев отжатой массы жома.

Часть теплоты от смеси передается (конвекцией и лучеиспусканием) в окружающую среду и расходуется на нагрев рабочих органов пресса. Уравнение теплового баланса прессования жома имеет следующий вид [9]:

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 \geq W_1 + W_2 + W_3, \quad (51)$$

где W_1 – теплота, расходуемая на нагрев отжатой массы жома, Дж; W_2 – потери теплоты в окружающую среду сквозь стенки корпуса шнека, Дж; W_3 – расход теплоты на нагрев рабочих органов шнека, Дж.

Отжиму жома предшествует дозирование и подача ее в рабочие органы пресса. На рисунке 7 представлены область дозирования и область прессования. В качестве дозирующего механизма используется цилиндрический шнек.



a - область дозирования; L - область прессования

Рис. 7. Схема областей дозирования и прессования шнекового пресса

Определим затраты мощности на дозировку жома. Мощность N и удельная энергоёмкость N/Π зависят от угла наклона шнека и частоты вращения. Энергоёмкость процесса транспортирования растёт с повышением частоты вращения винта и увеличением угла наклона шнека. Однако повышение эффективности процесса возможно за счёт повышения производительности и совершенствования конструкции шнека.

В процессе работы шнека расходуется мощность на преодоление сопротивлений:

N' – на трение груза о желоб, кВт;

N'' – на трение груза о винт, кВт;

N''' – на трение в упорном подшипнике, кВт;

N'''' – на трение в радиальных подшипниках, кВт.

Полная мощность составляет:

$$N_1 = \frac{K_u [(N' + N'')k + N''' + N'''']}{\eta}, \quad (52)$$

где K_u , k и η – соответственно коэффициенты преодоления инерции при пуске, сопротивления от перемешивания груза и КПД механизма привода.

Для предварительных расчетов мощности шнека пользуются формулой:

$$N = kCg\Pi(L + H)\omega_0, \quad (53)$$

где C – коэффициент, учитывающий влияние угла наклона шнека; ω_0 – коэффициент сопротивления перемещению.

Мощность двигателя при коэффициенте перегрузок K_0 и коэффициенте полезного действия равна

$$N_{\text{дв}} = \frac{K_0 N}{\eta}. \quad (54)$$

Мощность необходимая для перемещения свекловичного жома в прессующем органе:

$$N_2 = \frac{9,81QL}{1000}, \quad (55)$$

где L – длина шнека, м; Q – массовый расход жома в прессующем шнеке, кг/ч;

$$Q = \frac{\pi}{4} [(D + 2\rho)^2 - d^2] Sn\Psi\rho, \quad (56)$$

подставив в уравнение (55) значение Q получим

$$N_2 = 0,0077 [(D + 2\rho)^2 - d^2] Sn\Psi\rho L, \quad (57)$$

где d – внутренний диаметр шнека, м; Ψ – коэффициент заполнения шнека смесью, $\Psi = 1$; ρ – плотность жома, кг/м³.

При расчете N_2 с достаточной степенью точности можно принимать средние значения λ , d , S , ρ (шаг витков и длину шнека).

Мощность N_3 идущую на преодоление сил трения жома о винтовую поверхность шнека, найдем, рассматривая поверхность шнека как наклонную плоскость и принимая давление жома $p_{y\partial}$ равномерно распределенным по всей площади контакта в каждой зоне. В действительности распределение давления в зонах прессующей камеры более сложное.

Зная значение работы, A_3 , затрачиваемая на преодоление сил трения жома о витки шнека

$$N_3 = \frac{A_3}{T}, \quad (58)$$

где

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{60}{n}, \quad (59)$$

или

$$N_3 = \left[\frac{\pi^2 r_u p_{y\partial}}{12 \cdot 10^4} \right] (D^2 - d^2) \beta z n t g (\alpha_1 + \varphi_1). \quad (60)$$

Мощность N_4 , необходимую для преодоления сил трения жома о выходное отверстие, определим при допущении, что давление для всей торцевой поверхности контакта отверстия с жомом постоянно:

$$p_{y\partial} \approx const. \quad (61)$$

Элементарная работа, затрачиваемая на преодоление сил трения жома о стенки отверстия

$$A_{om} = 2\pi M_{np}, \quad (62)$$

мощность необходимая для преодоления сил трения о стенки отверстия матрицы

$$N_4 = \frac{\pi^2 p_{y\partial,om}}{36 \cdot 10^4} f_{np} z_{om} C_p n_{om} (D_r^3 - d_u^3), \quad (63)$$

Мощность N_5 необходимая для преодоления сил инерции, при сообщении скорости жома от нуля до скорости движения по винту пресса, можно пренебречь ввиду ее малости.

Мощность противодействия матрицы N_6 зависит от объемного расхода Q_r жома под давлением p_r (обратный поток через канал), плотности и вязкости жома, геометрических размеров прессующего шнека. Из классического уравнения производительности пресса, если рассмотреть его как насос, для вязкой смеси можно записать

$$Q_r = \frac{\pi D_3 h_3^3 \sin^2 \alpha_2 p_r}{12 \mu_c L_3}, \quad (64)$$

тогда

$$N_6 = \frac{Q_r p_r}{102}, \quad (65)$$

где μ_c – динамический коэффициент вязкости; D_3 – наружный диаметр шнека, м; h_3 – глубина канала червяка, м; L_3 – длина шнека, м; α_2 – угол подъема винтовой линии шнека в зоне прессования, град.

Подставив значение Q_r из (64) в (65) получим мощность противодействия в зависимости от объемного расхода

$$N_6' = \frac{\pi D^2 h_3^3 \sin^2 \alpha_2 P_r}{12 \mu_c L_3}. \quad (66)$$

Противодавление матрицы p_r можно определить из соотношения

$$C = \frac{p_r}{p_{\max}} \leq 1, \quad (67)$$

где p_{\max} – суммарное максимальное давление, создаваемое всеми витками червяка в зоне прессования при одинаковой их высоте h_3 , при коэффициенте бокового давления $K_b \approx 1$; откуда

$$p_{\max} = \Delta p_{\max} z = \frac{\pi^2 D_3^2 n \mu_c L_3}{60 h_3^2 H_3} = \frac{16,1 \cdot 10^3 n \mu_c L_3}{h_3^2 H_3}, \quad (68)$$

где z – число витков шнека с шагом H_3 и высотой витка h_3 на длине L_3 ; n – частота вращения шнека, мин⁻¹.

Расход жидкости через отверстия матрицы

$$Q_m = \mu_0 \Delta f m \sqrt{\frac{2g(p_{\max} - p_r)}{\varphi_r}}, \quad (69)$$

где μ_0 – коэффициент расхода для больших отверстий с несовершенным сжатием струи; Δf – площадь сечения одного отверстия матрицы, м²; m – число отверстий в матрице.

Подставив в формулу (65) значение Q_m из формулы (69) получим мощность противодействия в зависимости от расхода жидкости через отверстия матрицы

$$N_6'' = \mu_0 \Delta f m (p_{\max} - p_r) \sqrt{\frac{2g(p_{\max} - p_r) \varphi_r}{102}}, \quad (70)$$

или

$$N_6'' = \frac{0,04 \mu_0 \Delta f m (p_{\max} - p_r)^{\frac{3}{2}}}{\varphi_r^{\frac{1}{2}}}. \quad (71)$$

Суммарная мощность, необходимая для преодоления сопротивления матрицы

$$N_6 = N_6' + N_6'' \quad (72)$$

Суммарная мощность на преодоление всех сил сопротивления при работе пресса

$$N_{\text{сум}} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 \quad (73)$$

Мощность электродвигателя с учетом потерь энергии в передаче

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\text{сум}}}{\eta_{\text{max}}}, \quad (74)$$

где η_{max} – КПД передачи.

Тепловая энергия, получаемая в результате преобразования механической работы при прессовании, расходуется в трех направлениях: на нагрев жома, стенок рабочего органа и на потерю в окружающую среду [10].

Теплота, идущая на нагрев жидкости

$$W_1 = Q_3 C_k (t_2 - t_1), \quad (75)$$

где Q_3 – производительность пресса, м³/ч; C_k – теплоемкость жома на выходе из пресса, Дж/°С; t_1, t_2 – температура жома до и после прессования, °С.

Потери теплоты в окружающую среду сквозь стенки корпуса прессующего шнека.

$$W_2 = 3,6K_0 S (t_{cp} - t_e), \quad (76)$$

где K_0 – общий коэффициент теплопередачи от жома в окружающую среду сквозь стенки корпуса шнека; S – площадь всех стенок рабочего органа пресса, сквозь которые теплота уходит в окружающую среду, м²; t_{cp} – средняя температура жома в рабочей камере пресса, °С; t_e – температура воздуха в окружающей среде где установлен пресс, °С.

На нагрев стенок рабочего органа расходуется теплота лишь в первоначальный момент работы. В дальнейшем W_3 можно пренебречь.

Тогда расход тепловой энергии пресса

$$W = W_1 + W_2. \quad (77)$$

Выводы

1. При рассмотрении закономерностей обезвоживания жома установлены следующие этапы взаимодействия рабочего органа с жомом при сжатии: вначале (во время непосредственного сжатия) плотность его возрастает от начальной ρ_0 до максимальной ρ_{max} и увеличивается сопротивление сжатию; затем в течение выдержки под давлением происходит релаксация напряжений, т.е. давление со стороны материала на рабочий орган уменьшается; во время освобождения плотность сжатого материала уменьшается, что сопровождается снижением до нуля давления на рабочий орган.

2. В результате теоретического анализа рабочего процесса прессования свекловичного жома в шнековом прессе получены выражения для определения сил трения свекловичного жома о корпус матрицы, усилий действующих на витки прессующего шнека, энергии на отжим свекловичного жома.

3. Предложенная методика расчета энергетических показателей прессования жома позволила определить нагрузки на рабочие органы машин, предназначенных для сжатия материалов за полный цикл сжатия и потребную мощность электродвигателя для привода пресса.

Библиография

1. Казаков К.В., Колесников А.С. Энергетический источник биогаза // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке», посвященной 30-летию кафедры технической механики и конструирования машин. п. Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. С. 494 – 498.
2. Беликов А.А., Колесников А.С. Технология получения биогаза из навоза сельскохозяйственных животных // Материалы Международной студенческой научной конференции «Молодежный аграрный форум – 2018» Т.2. п. Майский: Издательство Белгородского ГАУ, 2018. С. 65.
3. Булавин С.А., Казаков К.В., Колесников А.С. Безотходная энергосберегающая технология сушки и переработки свекловичного жома // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. № 4. С. 38-41.
4. Булавин С.А., Казаков К.В., Колесников А.С., Билько В.В. Совершенствование технологии сушки свекловичного жома // Техника в сельском хозяйстве. 2006. № 4. С. 43-44.
5. Булавин С.А., Казаков К.В., Билько В.В., Колесников А.С. Новое в технологии сушки свекловичного жома // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 1. С. 17.
6. Гусак А.А., Бричкова Е.А. Основы высшей математики: пособие для студентов вузов. Минск: Тетра-Системс. 2012. 208 с.

7. Особов В.И., Васильев Г.К., Голяновский А.В. Машины и оборудование для уплотнения сено-соломистых материалов. М.: Машиностроение, 1974. 230 с.
8. Потапова Л.Б., Ярцев В.П. Механика материалов при сложном напряженном состоянии. Как прогнозируют предельные напряжения? М.: Машиностроение–1, 2005. 244 с.
9. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники. М.: Машиностроение, 2002. 260с.
10. Александров Н.Е., Богданов А.И., Костин К.И. и др. Основы теории тепловых процессов и машин: в 2 частях. / под ред. Н. И. Прокопенко. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. ч. 1. 2009. 560 с.

References

1. Kazakov K.V., Kolesnikov A.S. Energeticheskij istochnik biogaza [The energy source of biogas] // Materials of the international scientific-practical conference «Actual problems of agricultural engineering in the XXI century», dedicated to the 30th anniversary of the Department of Technical Mechanics and Machine Design. Maysky settlement: FSBEI HE Belgorod State Agrarian University, 2018. Pp. 494 - 498.
2. Belikov A.A., Kolesnikov A.S. Tekhnologiya polucheniya biogaza iz navoza sel'skohozyajstvennyh zhi-votnyh [The technology for producing biogas from manure of agricultural animals] // Materials of the International student scientific conference «Youth Agricultural Forum – 2018» Vol.2. p. Maysky: Publishing house of the Belgorod GAU, 2018. P. 65.
3. Bulavin S.A., Kazakov K.V., Kolesnikov A.S. Bezothodnaya energosberegayushchaya tekhnologiya sushki i pererabotki sveklovichnogo zhoma [Non-waste energy-saving technology for drying and processing beet pulp] // Agricultural machines and technologies. 2009. No. 4. Pp. 38-41.
4. Bulavin S.A., Kazakov K.V., Kolesnikov A.S., Bil'ko V.V. Sovershenstvovanie tekhnologii sushki sveklovichnogo zhoma [Improving the technology of drying beet pulp] // Technique in agriculture. 2006. No. 4. Pp. 43-44.
5. Bulavin S.A., Kazakov K.V., Bil'ko V.V., Kolesnikov A.S. Novoe v tekhnologii sushki sveklovichnogo zhoma [New in technology for drying beet pulp] // Mechanization and Electrification of Agriculture. 2005. No. 1. P. 17.
6. Gusak A.A., Brichikova E.A. Osnovy vysshej matematiki: posobie dlya studentov vuzov [Fundamentals of Higher Mathematics: a manual for university students]. Minsk: TetraSystems. 2012. 208 p.
7. Osobov V.I., Vasil'ev G.K., Golyanovskij A.V. Mashiny i oborudovanie dlya uplotneniya seno-solomistyh materialov [Machines and equipment for compaction of hay-straw materials]. М.: Mechanical Engineering, 1974. 230 p.
8. Potapova L.B., YArcev V.P. Mekhanika materialov pri slozhnom napryazhennom sostoyanii. Kak prognostiruyut predel'nye napryazheniya? [The mechanics of materials in a complex stress state. How are ultimate stresses predicted?] М.: Mechanical Engineering – 1, 2005. 244 p.
9. Lyashkov V.I. Teoreticheskie osnovy teplotekhniki [Theoretical foundations of heat engineering]. М.: Engineering, 2002. 260 p.
10. Aleksandrov N.E., Bogdanov A.I., Kostin K.I. i dr. Osnovy teorii teplovyh processov i mashin [Fundamentals of the theory of thermal processes and machines]: in 2 parts. / ed. N.I. Prokopenko. М.: BINOM. Knowledge laboratory. Part 1. 2009. 560 p.

Сведения об авторах

Казakov Константин Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8-905-173-96-88, e-mail: kazakovbelgorod@mail.ru.

Колесников Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и конструирования машин ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8-908-783-88-92, e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru.

Information about authors

Kazakov Konstantin Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, associate Professor of Department of machines and equipment in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8-905-173-96-88, e-mail: kazakovbelgorod@mail.ru.

Kolesnikov Aleksandr Stanislavovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of Department of technical mechanics and machinery design, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», str. Vavilova 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8-908-783-88-92, e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru.

УДК 621.664:669.715

А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев, А.А. Измалков

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОТЕРИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА НШ-32А

Аннотация. В работе представлены факторы влияющих на износ рабочих деталей шестеренных насосов, анализ изношенных деталей: ведомой и ведущей шестерней, поджимной и подшипниковой обойм, а также поджимных платиков. Приводятся факторы, оказывающие влияние на потерю работоспособности шестеренного насоса НШ-32А. Описываются методики подготовки деталей шестеренного насоса к исследованию изношенного состояния и проведения измерений изношенных поверхностей с указанием приборов, оснастки и оборудования. Исследовали рабочие поверхности цапф ведомой и ведущей шестерен, полуотверстия под цапфы поджимной и подшипниковой обойм, колодцев под зубья ведомой и ведущей шестерен поджимной и подшипниковой обойм, а также их торцевые элементы и полуотверстия под цапфы поджимных платиков, износ которых оказывает наибольшее влияние на снижение объемной подачи шестеренного насоса. В работе показаны фотографии изношенных деталей. Приведены теоретические интегральные кривые распределения износов исследуемых рабочих поверхностей и предложены способы их восстановления. Для восстановления изношенных поверхностей цапф ведомой и ведущей шестерней предлагается использовать метод электродуговой металлизации (ЭМ) с применением аэрозольного флюсования (АФ). Восстанавливающие покрытия формируют проволокой Св-08Г2С с гидрофлюсом, содержащим в своем составе кальцинированную соду Na_2CO_3 , криолит Na_3AlF_6 , и тетрабулат натрия $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$. Последний компонент позволяет существенно повысить физико-механические свойства наносимых электрометаллизационных покрытий (ЭМ-покрытий). Подшипниковые и поджимные обоймы предлагается восстанавливать ЭМ с использованием проволоки СвАМг-3 с последующим упрочнением микродуговым оксидированием. Изношенные пластики необходимо будет шлифовать под соответствующий ремонтный размер с применением для компенсации износа предохранительных пластин увеличенной толщины.

Ключевые слова: износ, восстановление, шестеренный насос, анализ, электродуговая металлизация.

ANALYSIS OF CAUSES OF PRODUCTIVITY LOSS AND PARTS WEAR OF HYDRAULIC GEAR ROTARY PUMP NSH-32A

Abstract. The paper presents the factors affecting the wear of working parts of gear rotary pumps, and analysis of the worn parts: pinion and bevel gears, clamping and bearing clips, as well as clamping fixtures. The factors influencing the loss of working capacity of gear rotary pump NSH-32A are indicated. The methods of preparing parts of a gear rotary pump to the study of wear condition and measurements of the worn surfaces with the indication of devices, tooling and equipment are described. We investigated the pins working surfaces of the pinion and bevel gears, half-holes for pins of clamping and bearing clips, wells for pinion and bevel gears teeth of clamping and bearing clips and also their end elements and half-holes for clamping fixtures pins, which wear has maximum effect on the reduction of the volumetric supply of a gear rotary pump. The work presents the worn parts photos. Theoretical integral curves of wear distribution of the studied working surfaces are given and methods of their restoration are proposed. It is proposed to use the method of electric arc spraying (EAS) with the use of aerosol fluxing (AF) to restore the worn surfaces of the pins of pinion and bevel gears. Restoration coating are formed by wire Sv-08G2S with hydro flux containing soda ash Na_2CO_3 , cryolite Na_3AlF_6 and sodium tetraborate $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$. The last component permits to improve significantly the physical and mechanical properties of the applied electro metallized coatings (EM coatings). It is proposed to restore bearing and clamping clips by electric arc spraying (EAS) using wire SvAMr-3 with subsequent strengthening by micro arc oxidation. Worn out fixtures should be polished to the appropriate repair size with the use of safety plates with the increased thickness for wear compensation.

Keywords: wear, restoration, gear rotary pump, analysis, electric arc spraying.

Введение. В гидравлических системах агрегатом, лимитирующим надежность работы данной системы, является шестеренный насос. Он предназначен для нагнетания рабочей жидкости в гидравлических системах тракторов, комбайнов, грузовых автомобилей и другой самоходной техники. Может также использоваться в различных стационарных гидрофицированных установках с приводом от электродвигателя. Широкое распространение получили шестеренные насосы серии А (круглые), предназначенные для нагнетания рабочей жидкости в гидравлические системы приводов управления навесными, полунавесными и прицепными орудиями самоходных сельскохозяйственных и машин другого назначения, которые эксплуатируются в условиях большой запыленности. Для ремонта шестеренных насосов необходимо знать их техническое состояние и характер дефектов деталей, а так же величину их износа. Эти критерии являются основными исходными показателями при назначении технологии восстановления изношенных деталей.

Для проведения исследований был выбран шестеренный насос НШ-32А, так он достаточно широко используется в сельскохозяйственной и другой самоходной технике.

Методы исследования. Детали шестеренных насосов НШ-32А для проведения исследований тщательно очищали от загрязнений, используя при этом шаберы и щетки, изготовленные из стальной проволоки диаметром не более 0,15 мм. Очистку вели как ручную, так и с использованием электрической дрели. После очистки остатки загрязнений удаляли в водных растворах синтетических моющих средств типов МС, МЛ или Темп-100 с использованием погружной моечной машины с нагревом моющего раствора. Затем детали промывали в теплой воде, имеющей температуру не ниже 30...35°C и высушивали [1]. Далее для получения информации по износам измеряли изношенные детали шестеренных насосов НШ-32А.

Измерению подвергали выборку по каждому наименованию детали в количестве 50 штук. Выбор плоскостей измерений проводили согласно ГОСТ 18509-88. Для измерения износов цапф и ширины шестерней использовали микрометр МКЦ-50-0,001 ГОСТ 6507-90 с ценой деления 0,001 мм. Внешние диаметры зубчатых венцов шестерен измеряли при помощи специального приспособления 70-8701-1669 из комплекта ОР-12349 [2]. Износ полуотверстий под цапфы шестерен в поджимной и подшипниковой обойме измеряли с помощью специальной оправки с двумя измерительными головками 1ИГ ГОСТ 18833-90 с ценой деления 0,001 мм [2]. Индикатор с удлинителем устанавливался в отверстие, распложенное по центру оправки. Перед измерением индикаторы на оправках устанавливали «на ноль». Для этого оправку укладывали на разметочную плиту так, чтобы ножки индикаторов находились заподлицо с наружной цилиндрической поверхностью оправки. В этом положении стрелки индикаторов устанавливали «на ноль» и замечали положения стрелок на малых циферблатах.

Оправку поворачивали вокруг оси, отмечали значение износа в данном сечении. Для нахождения наибольшего износа оправку с индикатором передвигали вдоль исследуемой поверхности [2]. Износы на рабочих поверхностях обойм в месте их соединения с головками зубьев измеряли с помощью специального приспособления с измерительной головкой 1ИГ ГОСТ 18833-90 с ценой деления 0,001 мм, которая устанавливалась по центру оправки. Настройку на ноль проводили с использованием плоскопараллельных плиток, уложенных на разметочную плиту. Износы торцевых поверхностей поджимных платиков измеряли с помощью индикатора, прикрепленного к индикаторной стойке на высоте, равной его толщине [2]. Установку индикатора «на ноль» осуществляли по неизношенной поверхности. Затем, передвигая пластик в области хвостовой части и крыльев, находили его наибольший износ.

Износ полуотверстий под цапфы платиков определяли аналогично измерениям полуотверстий обойм под цапфы с использованием измерительной головки 1ИГ ГОСТ 18833-90 с ценой деления 0,001 мм.

Результаты исследования и их обсуждение. Эксплуатация гидравлических шестеренных насосов происходит в сложных производственных условиях, что приводит к возникновению отказов и неисправностей в их работе. Возникновение отказов и изменение технического состояния шестеренный насос связано с процессами, которые можно условно разделить на несколько групп: быстропротекающие процессы, процессы средней скорости и медленно протекающие процессы.

К быстро протекающим процессам относятся: вибрация деталей, наличие воздуха в жидкости, пульсация давления. Эти процессы характеризуются большими скоростями и частой сменой параметров, происходящих за очень короткий промежуток времени. К процессам средней скорости протекания относятся: изменение температуры и физических свойств рабочей жидкости, изменение температуры окружающей среды, которые происходят во время непрерывного цикла работы оборудования. К медленно протекающим процессам, происходящим в течение всего срока эксплуатации, относятся: изнашивание поверхностей деталей, естественное старение и усталость материалов [3].

Все вышеперечисленные процессы лежат в основе следующих причин отказов:

- высокие механические воздействия на детали шестеренных насосов приводят к появлению в них трещин и изломов. Постоянно изменяющиеся нагрузки способствуют возникновению усталостных разрушений деталей;

- низкое качество рабочей жидкости (загрязненность, газонасыщенность, функциональное несоответствие) повышает интенсивность изнашивания рабочих поверхностей деталей. Присутствие воздуха и воды в масле приводит к быстрому разложению противоизносных присадок, что способствует изменению условий трения и изнашивания;

- не отвечающий требованиям повышенный температурный режим эксплуатации снижает вязкость рабочей жидкости, что приводит к появлению утечек и перегреву деталей.

Эксплуатации шестеренных насосов при отрицательных температурах способствует неполному заполнению рабочих камер и разрыву потока жидкости, что приводит к кавитационным разрушениям на элементах конструкции, которые связаны с рабочими жидкостями [3].

В результате изнашивания детали шестеренных насосов изменяют свои первоначальные размеры и геометрическую форму, нарушается их взаимное расположение в сборочной единице, что приводит к изменению ее режима работы. Известно, что детали шестеренных насосов, в зависимости от явлений и процессов, происходящих в поверхностных слоях взаимодействующих различных материалов, подвергаются нескольким видам изнашивания одновременно [3, 4].

Абразивному изнашиванию подвергаются рабочие поверхности корпуса и обоймы, а также цапфы шестерен. Его причинами являются посторонние примеси (загрязнители), содержащиеся в рабочей жидкости, продукты изнашивания взаимодействующих рабочих поверхностей деталей. Загрязнители различаются своими физико-механическими свойствами. Основные параметры загрязнителя: твердость, размер и концентрация частиц. Попадая в зазоры между взаимодействующими поверхностями пар трения твердые частицы вызывают интенсифицируют процесс изнашивания [3].

Высокий параметр шероховатости на рабочей поверхности детали после ее изготовления или восстановления, а также некачественная сборка приводят к появлению эффекта схватывания между взаимодействующими поверхностями, вызванного высокими температурой и давлением, которые возникают в точках при непосредственном контакте между микронеровностями [5].

Смятие относится к механическому изнашиванию и характерно для разъемных подшипников скольжения, которые используются в конструкции этого шестеренного насоса. Оно возникает при ударных нагрузках от действия давления масла, воспринимаемого его деталями, что вызывает повышенные контактные напряжения из-за больших удельных давлений. В результате смятия поверхностный слой металла уплотняется, первоначальные размеры поверхностей изменяются. А образование наклепанного слоя зачастую приводит к усталостному разрушению поверхностного слоя деталей [3, 5].

При движении рабочей жидкости возникающие пузырьки газа (каверны), наполненные паром и воздухом, захлопываются вблизи поверхностей деталей. Это создает местное повышенное давление, под действием которого происходит разрушение поверхности металла (кавитационное изнашивание). Кавитация начинается тем раньше, чем больше воздуха содержится в рабочей жидкости [3].

Коррозионно-механическое изнашивание происходит в результате механического воздействия и сопровождается химическим и электрическим взаимодействием материалов деталей с коррозионно-активной средой. Детали шестеренных насосов в большей степени подвержены окислительному изнашиванию, которое характеризуется разрушением взаимодействующих рабочих поверхностей и обусловлено реакцией материала с окисляющей способностью масел. При этом одновременно протекают два процесса - пластическое деформирование малых объемов поверхностных слоев материалов и проникновение кислорода воздуха в деформированные слои. В первой стадии окислительного изнашивания происходит разрушение и удаление мельчайших твердых частиц металла из непрерывно образующихся от проникновения кислорода пленок. Вторая стадия характерна образованием и выкраиванием пластически недеформирующихся хрупких окислов. Проявляется этот вид изнашивания при сравнительно невысоких скоростях скольжения и небольших удельных нагрузках [3, 5].

К основным видам механического изнашивания поверхностей деталей гидравлических шестеренных насосов относятся: абразивное, схватывание (задиры), смятие, кавитационное, усталостное, гидроабразивное [3, 5]. В процессе работы насоса поджимная и подшипниковая обоймы, ведущая и ведомая шестерни, поджимные пластики находятся в сложном напряженном состоянии, которое приводит к износу его составных частей, что в свою очередь нарушает пространственную геометрию соединений и как следствие ведет к образованию утечек и снижению объемной подачи.

На основании анализа принципа работы шестеренных насосов рассматриваемой конструкции можно сделать вывод, что к основным деталям, определяющим их работоспособность, относятся: поджимная и подшипниковая обоймы, ведущая и ведомая шестерни и поджимные пластики. В связи с этим для анализа износа были выбраны следующие рабочие поверхности: цапфы и наружный диаметр по вершинам зубьев ведущей и ведомой шестерней, ширина зубьев шестерней, полуотверстия под цапфы шестерней поджимной и подшипниковой обойм; колодцы под зубья шестерней поджимной и подшипниковой обойм, торцевая рабочая поверхность и полуотверстия под цапфы шестерней поджимных платиков.

Обработку полученных статистических данных проводили с использованием персонального компьютера и прикладной программы. По результатам математической обработки были построены интегральные кривые распределения износов деталей (рис. 1-3). При этом установлено, что распределение износов цапф шестерен, полуотверстий под цапфы и колодцев под зубья у обойм, а также поджимных платиков шестеренных насосов НШ-32А подчиняется теоретическому закону распределения Вейбулла (таблица 1). Результаты исследований показали, что основным дефектом шестерней насоса НШ-32А является износ цапф, который достигает 0,50 мм на сторону. Износ зубьев шестерни по ширине не превышает 0,20 мм, а по вершинам зубьев 0,23 мм. По внешнему виду изношенные поверхности характеризуется наличием рисок и задиры (рисунок 1).

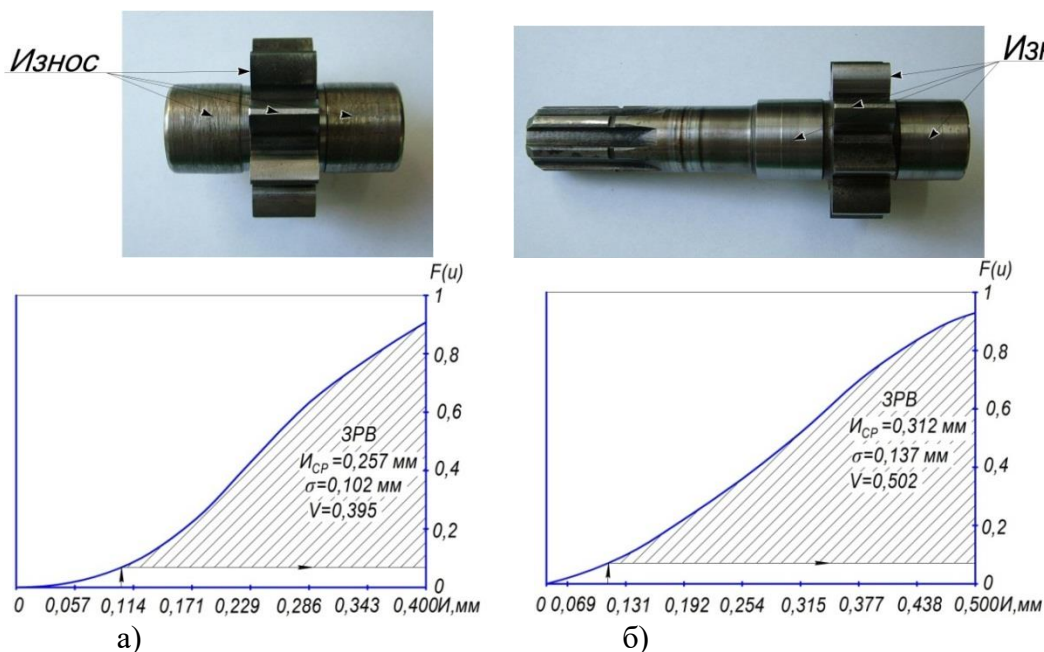


Рис. 1. Изношенные поверхности шестерней и теоретическая интегральная кривая распределения износов цапф: а) ведомой шестерни, б) ведущей шестерни

Основным дефектом, который возникает у поджимных и подшипниковых обойм шестеренных насосов НШ-32А, является износ полуотверстий под цапфы и колодцев под зубья шестерен. Результаты проведенных измерений показали, что износ полуотверстий поджимной обоймы достигает 0,7 мм, а подшипниковой - 1,5 мм на сторону. Износ колодцев под зубья шестерен у поджимной и подшипниковой обойм не превышает 0,5 и 1,2 мм соответственно. По внешнему виду изношенные рабочие поверхности характеризуется наличием рисок, задиры и выкрашиваний (рисунок 2).

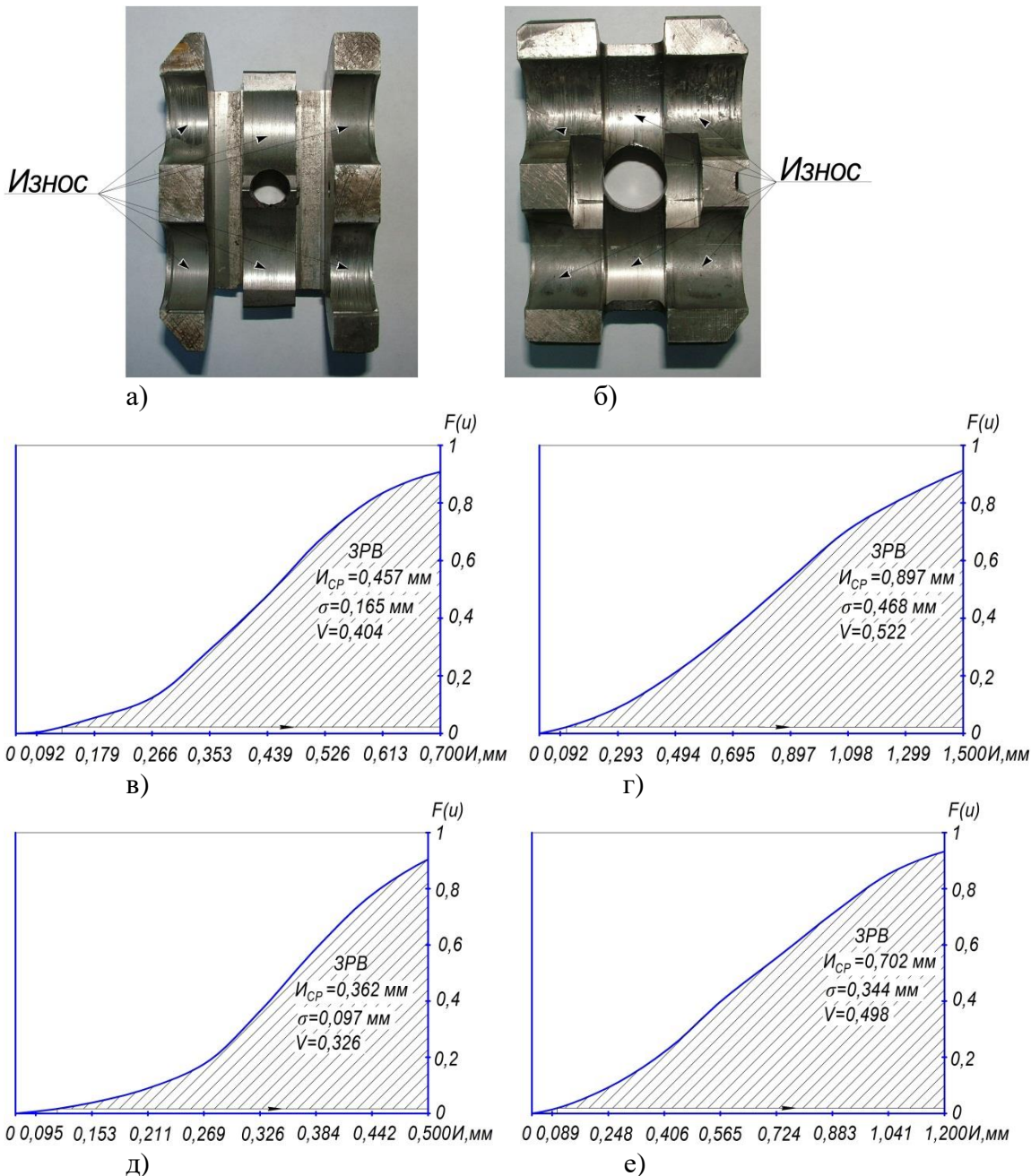


Рис. 2. Изношенные поверхности под цапфы и зубья шестерен поджимной (а) и подшипниковой (б) обойм и теоретическая интегральная кривая распределения износов колодцев под зубья шестерен у поджимной (в) и подшипниковой (г) обойм, а также полуотверстий под цапфы у поджимной (д) и подшипниковой (е) обойм

В процессе замеров изношенных пластинок установлено, что основной износ приходится на торцевые рабочие поверхности и достигает 1 мм, а износ полуотверстий под цапфы шестерней не превышает 0,5 мм на сторону. По внешнему виду изношенные поверхности характеризуется наличием рисок и задигов (рисунок 3).

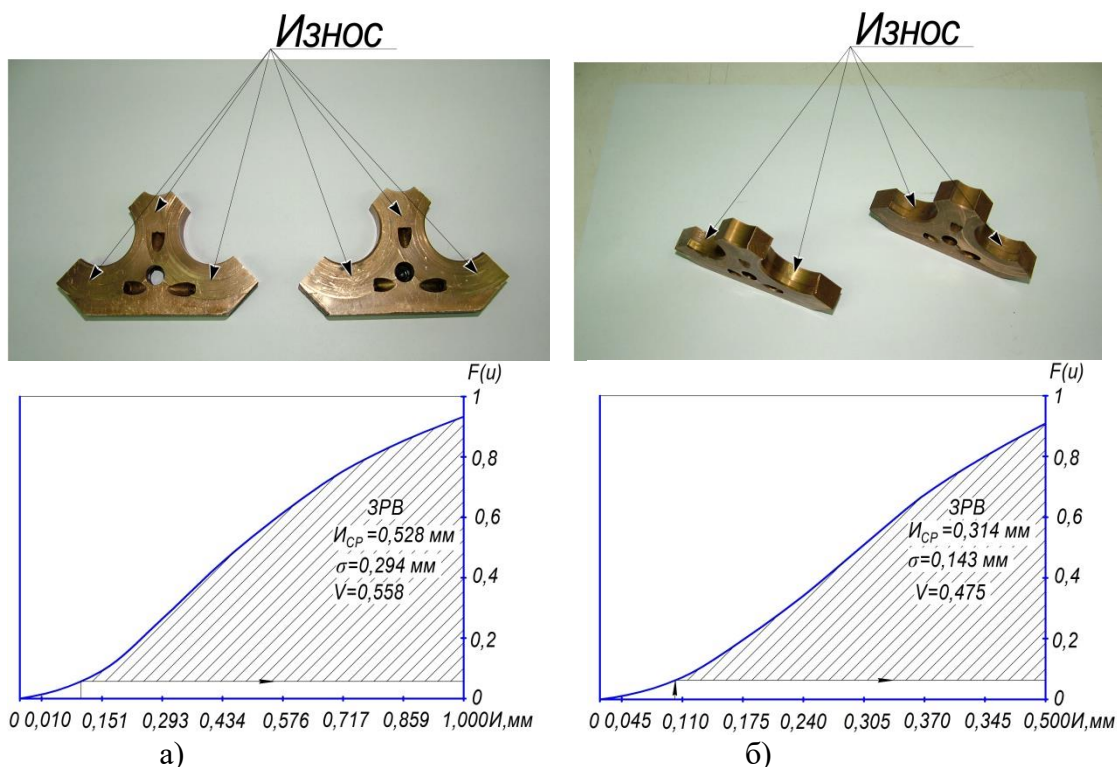


Рис. 3. Изношенные поверхности платиков и теоретическая интегральная кривая распределения износов: а) торцевой рабочей поверхности, б) полуотверстий под цапфы шестерней

Таблица 1 - Результаты анализа статистической износной информации деталей насосов НШ-32А

Наименование изношенной поверхности и детали	Теоретический закон распределения (ТЗР) износов	Параметры ТЗР			
		среднеквадратическое отклонение (σ)	коэффициент вариации (V)	износ средний (I_{CP}), мм	износ максимальный ($I_{Макс}$), мм
Цапфы ведущей шестерни насоса НШ-32А	ЗРВ	0,137	0,502	0,312	0,500
Цапфы ведомой шестерни насоса НШ-32А	ЗРВ	0,102	0,395	0,257	0,400
Полуотверстия под цапфы шестерен поджимной обоймы насоса НШ-32А	ЗРВ	0,468	0,522	0,897	1,500
Полуотверстия под цапфы шестерен подшипниковой обоймы насоса НШ-32А	ЗРВ	0,165	0,404	0,457	0,700
Колодец под ведомую шестерню поджимной обоймы насоса НШ-32А	ЗРВ	0,344	0,498	0,702	1,200
Колодец под ведущую шестерню поджимной обоймы насоса НШ-32А	ЗРВ	0,097	0,326	0,363	0,500
Рабочая поверхность платиков насоса НШ-32А	ЗРВ	0,294	0,558	0,528	1,000
Рабочая поверхность платиков насоса НШ-32А	ЗРВ	0,143	0,475	0,314	0,500

Выводы. Анализ полученных результатов показал, что от 90 до 96% исследованных рабочих поверхностей у деталей шестеренных насосов требуют восстановления рабочих поверхностей. Для повышения физико-механических свойств наносимых покрытий предлагается при восстановлении цапф шестерней использовать метод ЭМ с применением АФ (провода Св-08Г2С и гидрофлюс, содержащий: кальцинированную соду Na_2CO_3 , криолит Na_3AlF_6 и тетрабулат натрия $Na_2B_4O_7$). Подшипниковые и поджимные обоймы восстанавливать ЭМ с

использованием проволоки СВАМг-3 с последующим упрочнением микродуговым оксидированием. Изношенные пластики шлифовать под соответствующий ремонтный размер с применением для компенсации износа предохранительных пластин увеличенной толщины [4, 6-15].

Библиография

1. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГОСНИТИ, 2003. 488 с.
2. Черкун В.Е. Ремонт тракторных гидравлических систем. М.: Колос, 1984. 253 с.
3. Новиков А.Н. Ремонт объемных гидромашин: учебное пособие. Орел: Орловская государственная сельхозакадемия, 1995. 72с.
4. Коломейченко А.В. Технологии повышения долговечности деталей машин восстановлением и упрочнением рабочих поверхностей комбинированными методами: автореф. дис. д-ра техн. наук / А.В. Коломейченко // Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка РАСХН. М., 2011. 32 с.
5. Курчаткин В.В. Надежность и ремонт машин. М.: Колос, 2000. 776 с.
6. Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Измалков А.А. Перспективы использования электродуговой металлизации с аэрозольным флюсованием для восстановления коленчатых валов малогабаритной техники // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 10. С. 36-40.
7. Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Измалков А.А. Целесообразность использования аэрозольного флюсования при электродуговой металлизации // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (47). С. 62-68.
8. Kolomeichenko A.V., Logachev V.N., Izmailkov A.A., Sharifullin S.N. Investigation of properties of electro-metallized coatings deposited by supersonic air stream with aerosol fluxing // 2019. С. 012059.
9. Логачев В.Н. Восстановление подшипниковых и поджимных обойм шестеренных насосов типа НШ-К сверхзвуковым электродуговым напылением с последующим упрочнением микродуговым оксидированием // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. № 1. С. 85-87.
10. Воробьев П.А., Юсим М.Ю., Литовченко Н.Н., Денисов В.И. Метод аэрозольного флюсования при электродуговой металлизации // Труды ГОСНИТИ. 2008. Т. 101. С. 201-204.
11. Литовченко Н.Н., Петряков Б.И., Толкачев А.А., Блохин С.А. Влияние скорости истечения гетерофазного потока на физико-механические свойства электрометаллизационного потока // Сварочное производство. 2013. №6. С. 43-47.
12. Solovov R.Y., Vorobev P.A., Litovchenko N.N. Metal-carbothermal methods of reducing the degree of oxidation of dispersed metal in electric arc metallising // Welding international. 2013. V.27. №5. P. 423-427.
13. Пастухов А.Г., Кравченко И.Н., Волков М.И. Исследование износа дисковых сошников сеялки СЗТ-3,6А // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 3 (23). С. 55-67.
14. Голубев И.Г., Лялякин В.П. Перспективы восстановления деталей сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2016. №4. С. 30-34.
15. Ерохин М.Н., Пастухов А.Г., Тимашов Е.П. Оценка износа крестовин шарниров типа CR115, применяемых в тракторах John Deere // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 126. С. 14-21.

References

1. Chernoiivanov V.I., Lyalyakin V.P. Organizatsiya i tekhnologiya vosstanovleniya detaley mashin [Organization and technology of restoration of machine parts]. 2nd ed., Rev. and extra. M.: GOSNITI, 2003. 488 p.
2. Cherkun V.E. Remont traktornykh gidravlicheskiykh sistem [Repair of tractor hydraulic systems]. Moscow: Kolos, 1984. 253 p.
3. Novikov A.N. Remont obyemnykh gidromashin: uchebnoye posobiye [Repair of bulky hydraulic machines: work-book]. Orel: Orel State Agricultural Academy, 1995. 72 p.
4. Kolomeichenko A.V. Tekhnologii povysheniya dolgovechnosti detaley mashin vosstanovleniyem i uprochneniyem rabochikh poverkhnostey kombinirovannymi metodami: avtoref. dis. d-ra tekhn. nauk [Technologies for improving the durability of machine parts by restoring and strengthening working surfaces using combined methods: extended abstract of Dissertation of Doctor of Engineering Sciences] // All-Russian Scientific-Research Technological Institute of Repair and Operation Machine and Tractor Fleet of the RAAS. Moscow, 2011. 32 p.
5. Kurchatkin V.V. Nadezhnost i remont mashin [Reliability and repair of machines]. Moscow: Kolos, 2000. 776 p.
6. Kolomeichenko A.V., Logachev V.N., Izmailkov A.A. Perspektivy ispolzovaniya elektrodugovoy metallizatsii s aerezolnym flyusovaniyem dlya vosstanovleniya kolenchatykh valov malogabaritnoy tekhniki [Prospects for using electric arc spraying with aerosol fluxing to restore crankshafts of small-sized equipment] // Repair. Recovery. Modernization. 2018. №. 10. Pp. 36-40.
7. Kolomeichenko A.V., Logachev V.N., Izmailkov A.A. Tselesoobraznost ispolzovaniya aerezolnogo flyusovaniya pri elektrodugovoy metallizatsii [Expediency of using aerosol fluxing for electric arc spraying] // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2018. №. 3 (47). Pp. 62-68.

8. Kolomeichenko A.V., Logachev V.N., Izmalkov A.A., Sharifullin S.N. Vosstanovleniye podshipnikovykh i podzhimnykh oboym shesterennykh nasosov tipa NSH-K sverkhzvukovym elektrodugovym napyleniyem s posleduyushchim uprochneniyem mikro-dugovym oksidirovaniyem [Investigation of properties of electro-metallized coatings deposited by supersonic air stream with aerosol fluxing] // 2019. Pp. 012059.

9. Logachev V.N. Vosstanovlenie podshipnikovykh i podzhimnykh oboym shesterennykh nasosov tipa NSH-K sverkhzvukovym elektrodugovym napyleniyem s posleduyushchim uprochneniyem mikro-dugovym oksidirovaniyem [Restoration of bearing and clamping clips of gear rotary pumps of the NSH-K type by supersonic electric arc deposition followed by micro-arc oxidation hardening] // Proceedings of GOSNITI. 2013. V. 111. №. 1. Pp. 85-87.

10. Vorobiev P.A., Yusim M.Yu., Litovchenko N.N., Denisov V.I. Metod aerazolnogo flyusovaniya pri elektrodugovoy metallizatsii [Aerosol fluxing method for electric arc metallization] // Proceedings of GOSNITI. 2008. V. 101. Pp. 201-204.

11. Litovchenko N.N., Petryakov B.I., Tolkachev A.A., Blokhin S.A. Vliyaniye skorosti istecheniya geterofaznogo potoka na fiziko-mekhanicheskie svoystva elektrometallizacionnogo potoka [The influence of the outflow velocity of the heterophase flow on the physicomachanical properties of the electrometallization flow] // Welding production. 2013. №. 6. Pp. 43-47.

12. Solovev R.Y., Vorobev P.A., Litovchenko N.N. Metal-carbothermal methods of reducing the degree of oxidation of dispersed metal in electric arc mettallising // Welding international. 2013. V.27. № 5. Pp. 423-427.

13. Pastukhov A.G., Kravchenko I.N., Volkov M.I. Issledovaniye iznosa diskovykh soshnikov seyalki SZT-3,6A [The study of the wear of disk coulters of the SZT-3,6A seeder] // Innovations in the agricultural sector: problems and prospects. 2019. № 3 (23). Pp. 55-67.

14. Golubev I.G., Lyalyakin V.P. Perspektivy vosstanovleniya detalej selskoxozyajstvennoj tekhniki [Prospects of restoration of details of agricultural technology] // Machinery and equipment for the village. 2016. № 4. Pp. 30-34.

15. Erokhin M. N., Pastukhov A. G., Timashov E. P. Ocenka iznosa krestovin sharnirov tipa CR115, primenyayemykh v traktorah John Deere [Evaluation of wear frogs hinges type CR 115 used John Deere tractors] // Proceedings of GOSNITI. 2017. V. 126. Pp. 14-21.

Сведения об авторах

Коломейченко Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения, ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», ул. Автомоторная, д. 2, г. Москва, Россия, 125438, тел. +7 495 456-42-50, доб. 64-23, e-mail: a.kolomiychenko@nami.ru.

Логачев Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел. +7 4862 43-19-79, e-mail: logvovan@mail.ru.

Измалков Александр Андреевич, аспирант кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел. +7 4862 43-19-79, e-mail: izmalckow.aleks2012@yandex.ru.

Information about authors

Kolomeichenko Aleksandr Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Advanced Technology Department of Center of Agricultural Engineering, State Research Center of the Russian Federation, FSUE «NAMI», Avtomotornaya St., 2, Moscow, Russia, 125438, tel. +7 495 456-42-50, ext. 65-28, E-mail: a.kolomiychenko@nami.ru

Logachev Vladimir Nikolayevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Reliability and Machine Repair Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin», General Rodin St., 69, Orel, Russia, 302019, tel. +7 4862 43-19-79, 302019, e-mail: logvovan@mail.ru.

Izmalkov Alexander Andreevich, Post-graduate Student of the Reliability and Machine Repair Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin», General Rodin St., 69, Orel, Russia, 302019, tel. +7 4862 43-19-79, 302019, e-mail: izmalckow.aleks2012@yandex.ru.

УДК 631.37

А.В. Кучер, Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов, В.В. Самуйло

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ПЕРИОД

Аннотация: Целью проведенных исследований являлось повышение эффективности использования автотранспортного обеспечения за счет адаптации грузовых автомобилей, используемых в сельскохозяйственных перевозках, к условиям эксплуатации в низкотемпературный период года. В регионах с продолжительным низкотемпературным периодом эксплуатация автомобильного транспорта отличается высокой энергозатратностью и сниженным техническим ресурсом. В связи с чем возникает необходимость в адаптационных мероприятиях конструкции автомобиля для повышения эффективности их использования. При проведении исследований был разработан алгоритм проведения адаптации, включающий в себя ряд мероприятий, позволяющих значительно улучшить эксплуатацию автомобильного транспорта при выполнении транспортных операций в условиях низких температур окружающего воздуха. Исследованиями доказано, что эффективность использования автомобильного транспорта во многом зависит от объёма выполненных работ в течении срока эксплуатации. Известно, что объём выполненных работ во многом зависит от таких параметров, как грузоподъёмность, количество дней и времени работы в году. В зимний период времени часть рабочего времени тратится на прогрев узлов и агрегатов автомобиля перед выполнением определенной операции и в ходе движения при низких скоростных режимах, что в конечном итоге снижает эффективность его работы. В предлагаемой статье приводятся исследования по определению влияния предлагаемых способов и алгоритмов адаптации автомобиля на эффективность его работы при низких температурах окружающего воздуха.

Ключевые слова: адаптация, транспортная операция, время работы, низкая температура, эффективность, автомобиль, производительность,

RESEARCHES OF INCREASING THE EFFICIENCY OF USING AUTOMOTIVE SUPPORT IN THE AGRICULTURAL COMPLEX IN THE LOW-TEMPERATURE PERIOD

Abstract. The aim of the research was to increase the efficiency of using automotive support by adapting trucks used in agricultural transportations to operating conditions in the low-temperature period. In regions with a long low-temperature period, the operation of road transport is characterized by high energy consumption and a reduced technical resource. In this connection, there is a need for adaptation measures of the vehicle design to increase the efficiency of its using. During the researches, an adaptation algorithm was developed, which includes a number of measures that can significantly improve the operation of road transport during conducting transport operations in the conditions of low ambient temperatures. The researches have proven that the effectiveness of the use of automobile transport largely depends on the volume of work conducted during the operation period. It is known that the volume of the conducted work largely depends on such parameters as lifting capacity, number of days and time of work in a year. In the winter period of time, part of the working time is spent on warming up of the components and assemblies of the car before conducting of a certain operation and during movement at low speed modes, which ultimately reduces its efficiency of work. In this article, researches are carried out to determine the effect of the proposed methods and algorithms for adapting a car to its efficiency at low ambient temperatures.

Keywords: adaptation, transport operation, working hours, low temperature, efficiency, car, performance,

Введение. Одной из проблем транспортного обеспечения агропромышленного производства в регионах, где наблюдаются продолжительные по времени низкотемпературные периоды, является сокращение срока службы отдельных агрегатов и общего технического ресурса автомобиля, так как поставляемые транспортные средства чаще всего на заводах-изготовителях не подготавливаются для работы в таких условиях [6,7,8].

Это приводит к дополнительным затратам в процессе ремонтно-восстановительных работ по таким агрегатам или их замене, что увеличивает в целом общие затраты и себестоимость единицы продукции и, как следствие, снижает эффективность работы системы транспортного обеспечения [1,3]. Для устранения этих факторов и повышения эффективности работы автомобилей предлагается проводить мероприятия, предназначенные для их адаптации к работе при низких температурах окружающего воздуха [4,8].

Это позволит сократить общие затраты на эксплуатацию, диагностику, ремонт и техническое обслуживание автомобильного транспорта, что позволит снизить расчётную себестои-

мость единицы продукции [9]. В предлагаемой статье рассматривается вопрос повышения эффективности работы автомобильного транспорта при применении и приводятся способы его адаптации к зимним условиям использования. С целью проверки эффективности работы адаптированных автомобилей в зимний период времени были проведены теоретические и экспериментальные исследования, результаты которых представлены работе [2,5].

Материалы и методы Экспериментальные исследования проводились в реальных условиях эксплуатации автомобильного транспорта в условиях низких температур.

При проведении испытаний за основу были взяты рекомендации [6,8] и методы по ГОСТ 20334-81 Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Показатели эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности; ГОСТ 21624-81 Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Требования к эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности изделий; ГОСТ 21758-81 Система технического обслуживания и ремонта автомобильной техники. Методы определения показателей эксплуатационной технологичности и ремонтпригодности при испытаниях; ГОСТ 22576-90 Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний. При проведении экспериментальных исследований использовались приборы неразрушающего контроля, внесённые в государственный реестр средств измерений: тепловизор, бесконтактный инфракрасный пирометр и цифровой секундомер (рисунок 1).



а) пирометр (вид с боку) б) инфракрасный тепловизор (вид с боку) в) пирометр (вид сверху) г) инфракрасный тепловизор (вид сверху)

Рис. 1. Приборы неразрушающего контроля

Результаты исследований обрабатывались с помощью современных методов обработки и математической статистики в специализированных программах Mathcad и SigmaPlot v.11.0.

Теория. Эффективность работы автомобильного транспорта напрямую зависит от объёма выполненных работ, который можно определить по предлагаемому уравнению:

-для автомобилей, не адаптированных к условиям эксплуатации:

$$W_c = Q \cdot L_c = Q \cdot V \cdot T_c, \quad (1)$$

где Q-масса перевезенного груза, т;

L_c-пробег неадаптированного автомобиля с грузом, км;

V-скорость движения, км/ч;

T_c-общее время работы неадаптированного автомобиля, ч.

-для автомобилей, адаптированных к условиям эксплуатации:

$$W_a = Q \cdot L_a = Q \cdot V \cdot T_a \quad (2)$$

где Q-масса перевезенного груза, т;

L_a -пробег адаптированного автомобиля с грузом, км;

V -скорость движения, км/ч;

T_a -общее время работы адаптированного автомобиля, ч.

С учётом выражений (1) и (2) уравнение (3) расчёта коэффициента адаптации K_a примет следующий вид:

$$K_a = T_a/T_c \quad (3)$$

Эффективно и малозатратно автомобильный транспорт может функционировать только в том случае, если будет выполняться условие, что объём выполненных работ адаптированными автомобилями W_a будет иметь максимальные значения, а разница между объёмом работ, выполненного адаптированными и не адаптированными автомобилями, к условиям эксплуатации будет иметь максимальное значение при ограничении, что весь объём работ будет выполнен с коэффициентом адаптации K_a больше единицы, то есть будут верны выражения:

$$W_a - W_c = Q \cdot V \cdot T_a - Q \cdot V \cdot T_a/K_a = Q \cdot V \cdot T_a(1 - 1/K_a) \rightarrow \max \quad (4)$$

$$K_a = T_a/T_c > 1 \quad (5)$$

В то же время повышение коэффициента адаптации не должно сопровождаться дополнительными затратами, то есть

$$E_a - E_c \rightarrow \min \quad (6)$$

где E_a - общие затраты на эксплуатацию адаптированного транспортного средства, МДж;

E_c - общие затраты на эксплуатацию не адаптированного транспортного средства, МДж.

Поэтому, исходя из вышесказанного, должно выполняться следующее необходимое условие:

$$E_a/W_a > E_c/W_c \quad (7)$$

В общем случае затраты на эксплуатацию транспортного средства складываются из следующих составляющих:

$$E_{\Pi} = E_{\text{пр}} + E_{\text{ж}} + E_{\text{э}}E_{\text{дз}} \quad (8)$$

где $E_{\text{пр}}$ - прямые удельные затраты, МДж;

$E_{\text{ж}}$ - затраты живого труда, МДж;

$E_{\text{э}}$ - удельная энергоёмкость, МДж;

$E_{\text{дз}}$ - дополнительные эксплуатационные затраты, связанные с эксплуатацией автомобиля в зимних условиях, МДж.

Существующие методики определения прямых энергозатрат не отражают влияние зимних условий на эксплуатационные показатели транспортного средства. Выразим данное влияние на составляющие энергозатрат при помощи уравнений (8):

- для прямых затрат:

$$E_{\text{пр}} = (G + G_{\text{д}})(a_m + f_m) \quad (9)$$

где G - общий расход топлива кг/км;

a_m - теплосодержание топлива, МДж/кг;

f_m - коэффициент, учитывающий дополнительные затраты энергии на производство топлива, МДж/кг.

$G_{\text{д}}$ - дополнительный расход топлива на подготовку к выполнению транспортной операции, кг.

Дополнительный расход топлива будет равен

$$G_{\text{д}} = G_{\text{ч}} \cdot t_{\text{д}} \cdot N \quad (10)$$

где $G_{\text{ч}}$ - часовой расход топлива, кг/ч;

$t_{\text{д}}$ - время, затраченное на подготовку транспортного средства к началу выполнения операции, ч;

N - число транспортных операций за время эксплуатации, ед.

Число операций определится по формуле:

$$N = (L_{\text{г}}/2 \cdot L_{\text{р}}) \cdot \quad (11)$$

где L_r - дневной пробег с грузом, км;

L_p - расстояние одной ездки, км;

D - число рабочих дней в низкотемпературный период.

Решая совместно уравнения (9, 10 и 11) получим уравнение расчёта прямых затрат для адаптированного автомобиля:

$$E_{пр} = (G + G_ч \cdot t_d(L_r/2 \cdot L_p) \cdot D) (a_m + f_m) \quad (12)$$

Анализируя формулу (12) необходимо отметить, что на величину прямых затрат в зимних условиях эксплуатации будут дополнительно оказывать влияние следующие показатели:

$$E_{пр} = f(t_d \cdot N) \quad (13)$$

- для затрат живого труда:

$$E_{ж} = n \cdot a_{ж}/Q \cdot V \cdot T_a = n \cdot a/Q \cdot V \cdot T_c \cdot K_a \quad (14)$$

Анализируя выражение (14) необходимо отметить, что величина затрат живого труда ($E_{ж}$) будет зависеть от коэффициента адаптации K_a

$$E_{ж} = f(K_a) \quad (15)$$

- удельные энергозатраты $E_э$ для адаптированного автомобиля будут равны:

$$E_э = \frac{M_m \cdot C_m \cdot (K_m + K_{mk} + K_{mp})}{100 \cdot (T_l + T_c \cdot K_a) Q V T_c K_a} \quad (16)$$

где T_l – годовая загрузка транспортного средства в период, не требующий адаптации к зимним условиям эксплуатации, ч

Годовую загрузку транспортного средства в целом за год можно определить по выражению:

$$T_{нг} = (T_l + T_c \cdot K_a) \quad (17)$$

Анализ полученной формулы (17) позволяет предположить, что удельные энергозатраты транспортного средства будет зависеть от годовой загрузки и коэффициента адаптации:

$$E_э = f(T_l \cdot K_a) \quad (18)$$

- дополнительные энергозатраты будут зависеть:

$$E_{дз} = f(K_a) \quad (19)$$

На основании полученных уравнений и функциональных зависимостей можно сделать следующий вывод, что величина общих (полных) затрат будет зависеть:

$$E_{п} = f(Q \cdot V \cdot T_c \cdot K_a) \quad (20)$$

С учётом вышеизложенного необходимо отметить, что для повышения эффективности использования транспортных средств в зимний период времени необходимо осуществлять мероприятия по их адаптации к условиям эксплуатации.

Результаты и обсуждение. На примере данных таблицы 1 проследим эффективность адаптации автомобиля к зимним условиям эксплуатации на примере автомобиля КамАЗ-65115, на который в качестве элемента адаптации был установлен ленточный подогреватель гидроцилиндра поднятия кузова.

Результаты сравнительных хозяйственных испытаний и топливно-энергетической эффективности экспериментального автомобиля КамАЗ-65115 показали, что расход топлива для привода системы поднятия кузова автомобиля с ленточным подогревателем гидроцилиндра при работе на выгрузке в количестве 20 циклов на 1 литр ДТ ниже, чем серийного автомобиля. При этом экономия прямых энергозатрат составила 0,284 МДж/ткм, что в рублёвом эквиваленте позволило получить экономию полных энергозатрат 0,3 руб/ км или 0,284 МДж/ткм.

Экономический эффект от внедрения результатов исследований составил: в ООО «Красная Звезда» на автомобиль КамАЗ-65115- 20148 руб., в КФХ «Заречное» на автомобиль ЗИЛ-4331-12814 руб. на одну транспортную единицу в год за счёт снижения эксплуатационных расходов на ремонт и обслуживание гидросистемы поднятия кузова, уменьшения расхода топлива на силовой привод при работе. Предлагаемые устройства защищены полученными патентами РФ № 171707, 172204.

Таблица 1. Результаты сравнительных испытаний адаптированного автомобиля КамАЗ-65115 и серийного автомобиля КамАЗ-65115

Показатели	КамАЗ-65115	
	Серийный	Экспериментальный, адаптированной системой подъёма кузова (с ленточным подогревателем гидроцилиндра)
Длина плеча подвоза, м	7500	7500
Длина поворотов, м	780	780
Время выполнения транспортной операции, мин.	9,0	9,0
Грузоподъемность теоретическая, т	15000	15000
Грузоподъемность фактическая, т	14800	14800
Скорость движения по прямой, м/с	13,9	13,9
Скорость движения на поворотах, м/с	12,0	12,0
Расход топлива, л/км	0,29	0,29
Количество поездок с грузом	20	20
Количество выгрузок	20	20
Расход топлива для привода гидросистемы поднятия кузова, л	2,5	1,5
Экономия прямых энергозатрат, МДж/ткм		0,284
Экономия полных энергозатрат, руб/МДж/ткм		0,3/0,284

Заключение. В результате проведенных теоретических исследований установлено, что в зимний период времени часть рабочего времени тратится на прогрев узлов автомобиля перед выполнением определенной операции, что в конечном итоге снижает эффективность его работы.

Проведёнными аналитическими, теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что при проведении мероприятий адаптации к условиям эксплуатации в отдельно взятом регионе с продолжительным низкотемпературным периодом происходит увеличение сроков межремонтного периода, повышается нормативный пробег автомобиля, что, в свою очередь, продлевает полезный технический ресурс автомобиля, сдвигая сроки наступления предельного состояния, в ходе эксплуатации также отмечено снижение эксплуатационных и энергетических затрат, что свидетельствует об эффективности предлагаемых приёмов и способов.

Библиография

1. Алдошин Н.В., Егоров Р.В. Оптимизация транспортных процессов. Учебное пособие. М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. 40с.
2. Вавилов А.И., Леонов Р.В. Применение графического анализа при обработке данных эксперимента. // Молодёжь XXI века: шаг в будущее: материалы XVII регион. науч. практ. конф.: – Благовещенск, 2018. Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, Т.3. С. – 227-228.

3. Крохта Г.М. и др. Методологические основы оценки эффективности использования теплоты топлива, израсходованного в МТУ энергонасыщенного трактора, и создание на их базе опытных образцов тракторов с элементами самоадаптации их МТУ к изменениям условий внешней среды. – Вестник. Новосибирск, НГАУ. 2010. 120 с.
4. Кузнецов Е.Е., Вавилов А.И. Способы адаптации грузовых автомобилей к условиям эксплуатации в Амурской области // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы межд. науч. – практ. конф. посвящённой году экологии в России (г. Благовещенск, 5 апреля 2017 года) / Изд-во Дальневосточный ГАУ. Благовещенск. 2017. С. 253-258.
5. Кучер А.В., Самуйло В.В., Худовец В.И., Гончарук А.И. Экспериментальные исследования влияния электрического ленточного подогревателя на эксплуатационные параметры гидравлического механизма подъёма кузова самосвального автомобиля // АгроЭкоИнфо. 2019. №1. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/1/st_111.doc.
6. Левин А.И. Методика расчёта срока службы техники, эксплуатируемой в условиях холодного климата. // Вестник №6. Иркутский Государственный Технический Университет. Иркутск: 2013. 112с.
7. Рязанов М.М., Курдин П.Г., Неговора А.В. Разработка средств и способов комплексной тепловой подготовки автотракторной техники к эксплуатации в условиях низких температур. // Ассоциация автомобильных инженеров иркутский национальный исследовательский технический университет: материалы 99-й межд. нар. науч. практ. конф.: Иркутск, 2017. Изд-во. ИНИТУ. 543с.
8. Селиванов Н. И. Повышение эффективности работы тракторных агрегатов в зимних условиях АПК восточной Сибири: дисс...докт. техн. наук: 05.20.01: защищена 16.06.06: утв. 13.10.06. Красноярск. 2006. 344 с.
9. Щитов С.В., Кривука З.Ф., Курков Ю.Б. Бурмага А.В., Кузнецов Е.Е., Митрохина О.П., Попова Е.В. Повышение эффективности транспортного и технологического комплексов, используемых при сборке урожая. // Журнал инженерии и прикладных наук. 2018. DOI: 10.3923/jeasci.2018.6512.65. URL: <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/jeasci/2018/6850-6854.pdf>

References

1. Aldoshin N.V., Egorov R.V. Optimizatsiya transportnih processov [Optimization of the transport processes]. Uchebnoye posobie. // М.: FGBOU VPO MGAU, 2011. 40 p.
2. Vavilov A.I., Leonov R.V. Primeneniye graficheskogo analiza pri obrabotke danih eksperimenta [The use of graphical analysis in processing experimental data]. // Molodezh XXI veka: shag v budushee: materialy XVII region. nauch. pract. konf.: Blagoveshchensk 2018. Izd-vo Dalnevostochnogo gos. agrarnogo un-ta, T.3. Pp. 227-228
3. Krohta G.M i dr. Metodologicheskiye osnovi ocenki effektivnosti ispolzovaniya topliva, izrashodavanogo v MTU energonasishennogo tractorsa i sozdanie na ih baze opitnih obrazcov tractorsov s elementami samoadaptacii ih MTU k izmeneniyam usloviy vneshney sredi [Methodological basis for evaluating the efficiency of using the heat of fuel consumed in a MTU of an energy-saturated tractor and the creation on its basis of prototype tractors with elements of self-adaptation of their MTU to changes in environmental conditions]. Vestnik. Novosibirsk, NGAU. 2010. 120 p.
4. Kuznetsov E.E., Vavilov A.I. Sposobi adaptacii gruzovih avtomobiley k usloviyam ekspluatatsii v Amurskoi oblasti [Methods of adaptation of the trucks to operating conditions in the Amur Region].// Agropromishlenniy kompleks: problemi i perspective razvitiya: materialy mezd. nach. – pract. konf. posvyashennoi godu ekologii v Rossii (g. Blagoveshchensk, 5 Aprelya 2017 goda) / Izd-vo Dalnevostochniy GAU. – Blagoveshchensk. 2017. Pp. 253-258.
5. Kucher A.V., Samuilo V.V., Khudovets V.I., Goncharuk A.I. Eksperimentalniye issledovaniya vliyaniya electriceskogo lentochnogo podogrevatelya na ekspluatatsionniye parametri gidravlicheskogo mehanizma podyema kuzova samosvalnogo avtomobilya [Experimental studies of the influence of an electric tape heater on the operational parameters of the hydraulic mechanism for lifting the body of a dump truck] // AgroEcoInfo. 2019. №1. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2019/1/st_111.doc.
6. Levin A.I. Metodika rascheta sroka sluzhbi tehniki, ekspluatiruemoi v usloviyah holodnogo klimata [Methodology of calculating the service life of equipment operated in cold climates]. // Vestnik №6 Irkutskii Gosudarstvenniy Tehnicheskii Universitet. Irkutsk: 2013. 112 p.
7. Ryazapov M.M., Kurdin P.G., Negovora A.V. Razrabotka sredstv i sposobov kompleksnoy teplovooy podgotovki avtotraktornoy tehniki k ekspluatatsii v usloviyah nizkih temperature [Development of tools and methods for the integrated thermal preparation of automotive equipment for operation at low temperatures]. // Associaciya avtomobilnih inzhenerov irkutskiy nacionalniy issledovatel'skiy tehniceskii universitet: materialy -99 mezhd. nach. pract. conf.: Irkutsk-2017. Izd-vo INITU. 543 p.
8. Selivanov N.I. Povisheniye effektivnosti raboti traktornih agregatov v zimnih usloviyah APK vostochnoy Sibiri[Improving of the performance of tractor components in the winter conditions of the agricultural sector of the eastern Siberia]: diss. doct. tehn. nauk: 05.20.01.: zashishena 16.06.06.: utv 13.10.06. Krasnoyarsk. 2006. 344 p.
9. Shchitov S.V., Krivuca Z.F., Kurkov Y.B., Burmaga A.V., Kuznetsov E.E., Mitrokhina O.P., Popova E.V. Povisheniye effektivnosti transportnogo i tehnologicheskogo kompleksov ispolzuemih pri sborke urozhaya [Increasing the Efficiency of Transport and Technological Complexes Used in Crop Harvesting] // Gurnal inženierii i prikladnih nauk. 2018. vol. 13. Issue 16. DOI: 10.3923/jeascj.2018.6512.65. URL: <http://docsdrive.com/pdfs/medwelljournals/jeasci/2018/6850-6854.pdf>

Сведения об авторах

Кучер Александр Викторович, аспирант кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, ул. Политехническая, д.86, Амурская область, Россия, 675005, тел. +7 (4162) 99-51-15, e-mail: alexkucher1987@mail.ru

Кузнецов Евгений Евгеньевич, доктор технических наук, доцент кафедры эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, ул. Политехническая, д.86, Амурская область, Россия, 675005, тел. +7 (4162) 99-51-15, e-mail: ji.tor@mail.ru

Щитов Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, ул. Политехническая, д.86, Амурская область, Россия, 675005, тел. +7 (4162) 99-51-15, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru

Самуйло Виктор Вацлавович, доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, ул. Политехническая, д.86, Амурская область, Россия, 675005, тел. +7 (4162) 99-51-15, e-mail: samvv1@mail.ru

Information about authors

Kucher Alexander Victorovich, graduate student of the department of transport and energy vehicles and mechanization of AIC, FSBEI HE Far Eastern SAU, ul. Politehnicheskaya, 86, Amur region, Russia, 675005, tel: +7 (4162) 99-51-15, e-mail: alexkucher1987@mail.ru

Kuznetsov Evgeniy Evgenyevich, doctor of agricultural sciences, associate professor of the department of exploitation and maintenance of transport and technological vehicles and complexes FSBEI HE Far Eastern SAU, ul. Politehnicheskaya, 86, Amur region, Russia, 675005, tel: +7 (4162) 99-51-15, e-mail: ji.tor@mail.ru

Shchitov Sergey Vasilyevich, doctor of agricultural sciences, professor of the department of transport and energy vehicles and mechanization of AIC, FSBEI HE Far Eastern SAU, ul. Politehnicheskaya, 86, Amur region, Russia, 675005, tel: +7 (4162) 99-51-15, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru

Samuylo Victor Vaclavovich, doctor of agricultural sciences, professor of the department of exploitation and maintenance of transport and technological vehicles and complexes FSBEI HE Far Eastern SAU, ul. Politehnicheskaya, 86, Amur region, Russia, 675005, tel: +7 (4162) 99-51-15, e-mail: samvv1@mail.ru

УДК 62-799

М.М. Разянов

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ АГРЕГАТОВ ТРАНСМИССИИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Аннотация. Эксплуатация автотракторной техники в условиях низких температур всегда сопряжена с затрудненным пуском двигателя и частыми отказами других узлов и агрегатов автомобиля. Для снижения таких влияний в настоящее время применяются различные устройства и агрегаты, позволяющие облегчить запуск двигателя и минимизировать пусковые износы. К наиболее распространенным среди них можно отнести автономные жидкостные предпусковые подогреватели двигателя, которые, не смотря на постоянное совершенствование конструкции, не всегда эффективно обеспечивают тепловую подготовку. В настоящее время наиболее доступными и распространенными в агропромышленном комплексе для большинства сельскохозяйственных предприятий являются отечественные автомобили, что обуславливает их повсеместное применение во всех регионах России. В то же время, автомобили, к примеру, ПАО «КАМАЗ» комплектуется агрегатами, как отечественного производства, так и зарубежного, одним из которых является коробка передач (КП) фирмы ZF Friedrichshafen AG. Стоит отметить, что агрегатами трансмиссии данной фирмы комплектуются также некоторые модели автомобилей (УралАЗ и ГАЗ) и тракторов иностранного и отечественного производства (Агротехмаш). Хотя именно надежность способствовала широкому использованию агрегатов трансмиссии указанной фирмы, тем не менее, в эксплуатации отмечены случаи выхода их из строя по различным причинам. Так, анализ данных с ремонтных предприятий и сервисных центров показал, что наиболее частые отказы связаны с человеческим фактором, а именно: ошибка в выборе диапазона передач, переключение передач под большим усилием, буксировка автомобиля с работающим двигателем без разъединения карданной передачи, продолжительный срок замены смазывающей жидкости, несоответствие смазывающей жидкости химмотологической карте. Определено, что наиболее подверженной поломкам деталью современных многоступенчатых трехвальных коробок передач является подшипник между первичным и вторичными валами, который чаще всего выходит из строя по причине недостаточного смазывания.

Ключевые слова: низкая температура, генератор, горячий газ, датчик, агрегаты трансмиссии.

INCREASING THE RELIABILITY OF TRANSMISSION UNITS OF AUTOTRACTOR EQUIPMENT WHEN OPERATING UNDER THE CONDITIONS OF LOW TEMPERATURES

Abstract. Operation of vehicle equipment in low temperature conditions always involves difficult engine start-up and frequent failures of other units and units. In order to reduce such effects, various devices and units are used, the task of which is to facilitate engine start-up and minimize start-up wear. The most common among these are autonomous pre-start engine heaters. However, their application does not always provide adequate thermal training. Today, the products of the domestic automobile industry are the most accessible to most agricultural enterprises, which causes their widespread use in all regions of Russia. The products of PJSC "KAMAZ" are equipped with both units and units of domestic production and foreign production, one of which is the transmission (T) of ZF Friedrichshafen AG. It should be noted that the transmission units of this company also include some models of cars produced by the URALAZ plant, from the "GAZ group," cars of the "GAZ" family, as well as some tractors of foreign and domestic production, such as "Agrotechmash." The wide use of the transmission units of the company was facilitated by their reliability, however, in operation there were cases of their failure for various reasons. Thus, the analysis of data from repair enterprises and service centers showed that the main causes of failures are related to the human factor, such as: error in the selection of the range of gears, shift of gears under high force, towing of the car with the operating engine without disconnection of the cardan transmission, extension of the time of replacement of the lubricating liquid, mismatch of the lubricating liquid with the chemical map. The most broken part of modern multi-stage three-shaft transmissions is the bearing between the primary and secondary shafts, which most often fails due to insufficient lubrication.

Keywords: low temperature, hot gas, generator, burner, sensor, transmission units.

Введение. В рамках данной публикации рассмотрены проблемы эксплуатации автотракторной техники в условиях низких температур, а также пути их решения. Был проведен анализ данных с сервисных центров, который показал, что в месяцы с низкой температурой происходит резкое увеличение количества случаев выхода из строя таких узлов как передний и задний опорные подшипники коробки передач. Частота отказов указанных деталей возрастает на 48%, при этом перегрев заднего подшипника вторичного вала наблюдается только в декабре-феврале, но их доля от всех поломок составляет 24%. Основной причиной возникно-

вения указанных неисправностей является поступление в недостаточном объеме смазывающей жидкости в места трения при низкотемпературных условиях. Полученные данные подтверждаются статистической обработкой актов гарантийных обращений, в ходе которой было выявлено, что причиной выхода из строя подшипника между первичным и вторичными валами в графе «причина дефекта», указано: «нехватка масла» что составляет 23% из общей доли поломок указанной детали, остальные случаи относятся к буксировке автомобиля [1-5]

Объект и методы исследований. Агрегаты трансмиссии автотракторной техники при эксплуатации в условиях низких температур. В результате исследования были использованы методы системного анализа и теория систем.

Результаты исследований и их обсуждение. Низкотемпературные условия так же оказывают значительное влияние на другие системы и агрегаты автотракторной техники.

Так, по причине повышения вязкости масла при эксплуатации в условиях низких температур, отмечены выходы из строя гидроусилителей руля автомобилей, оснащенных данным узлом. Это связано с тем, что при стоянке или длительном прямолинейном движении автомобиля, происходит сгущение масла в рулевом механизме и в распределителе, вследствие чего с началом поворота руля по мере нарастания давления в нагнетательном канале при слабом течении со сливного канала возникает чрезмерное давление, которое либо выдавливает манжету сошки гидроусилителя, либо при левом повороте, переднюю крышку.

Так же, отмечено, что у автомобилей, у которых эта поломка не проявляется, наблюдается повышение усилия на рулевом колесе. Одним из способов снижения такого влияния является применение в холодное время масел согласно химмотологической карты, например, Техасо Texamatic 7045, Teboil Fluid ES [2]. Однако, при применении масел с низкой вязкостью были отмечены случаи утечки масла при нормальных температурных условиях. В связи с этим представляется целесообразным производить прогрев агрегатов рулевого управления не только при тепловой подготовке автомобиля, но и по необходимости при движении.

Отказ тормозной системы в условиях низких температур наблюдается у автомобилей оснащенных пневматическим тормозным приводом. Возникают такие неисправности как замерзание воды в осушителе, заклинивание четырехходового крана и др. При этом из-за возрастания давления могут возникнуть различные поломки в виде разрыва уплотнителей, трубок и даже корпуса. Рассматривая воздействие низких температур на мобильную технику, можно выделить два вида влияния холода: скрытое и явное. К «явным» следует отнести отсутствие возможности запуска двигателя, «жесткость» подвески автомобиля, «тугость» тормозов, в свою очередь к «скрытым» преждевременный выход из строя агрегатов или отдельных узлов. Стоит отметить, что чем ниже приспособлена мобильная техника к данным условиям – тем чаще проявляется «скрытое» влияние.

Проведенные исследования показали, что на эффективность и надежность эксплуатации автотракторной техники в условиях низких температур влияет целый ряд климатических факторов, таких как температура, влажность воздуха, скорость воздушного потока, толщина снежного покрова и др. В этой связи, практически все агрегаты автотракторной техники требуют тепловой подготовки. Целевой функцией тепловой подготовки является заданная прокачиваемость технологических жидкостей, определяющая их объемное поступление к точкам смазки, что способствует нормальному функционированию того или иного агрегата. Температура масла при этом не может быть определена в качестве надежного критерия оценки, так как что в настоящее время даже в однотипных механизмах применяются масла, значительно отличающиеся по своим температурно-вязкостным свойствам [6-11].

Для решения проблем зимней эксплуатации автотракторной техники в низкотемпературных условиях, необходим комплексный подход, обеспечивающий нормальный тепловой режим каждого агрегата требующего тепловой подготовки. Способы тепловой подготовки агрегатов при этом могут отличаться. Например, одним из способов, позволяющих минимизировать отрицательное влияние низких температур на работоспособность разветвленной системы смазки агрегата, является его обогрев. Обогрев можно применить как местный, где направленным потоком горячего воздуха или термоэлементом обогреваются конкретные

точки или локальные зоны, так и объемный, где применяется источник теплоносителя и направляющий кожух, распределяющий тепловой поток. Применение других способов, таких как обогрев СВЧ-нагревателем или паяльной лампой считаем нецелесообразным, вследствие наличия у них большого количества недостатков. Проведенный детальный анализ конструктивных особенностей системы смазки коробки передач, в том числе с применением компьютерного моделирования, показал, что использование местного обогрева не позволяет эффективно проводить тепловую подготовку, ввиду значительной разветвленности системы смазки КП и металлоемкости агрегата [5]. В этой связи, в качестве способа тепловой подготовки коробки передач рекомендован объемный обогрев.

Осуществление способа равномерного объемного разогрева масла в картере КП возможно путем применения фальшподдона, представляющего собой кожух из листового железа. Предварительные теоретические и экспериментальные исследования показали, что на эффективность применения фальшподдона оказывают значительное влияние зазоры между стенкой коробки передач и фальшподдона. Для оптимизации данного способа, применительно к коробке передач автомобиля КАМАЗ и трактора Т-150К, была собрана экспериментальная установка и генератора горячих газов. Размеры фальшподдона подбирались экспериментальным путем. Экспериментальная установка представлена на рисунке 1.



а - фальшподдон картера двигателя с рукавом;

б - фальшподдон картера двигателя

Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования возможности использования отработавших газов подогревателя для разогрева масла в КП

В таблице 1 представлены основные размеры фальшподдона. Результаты экспериментальных исследований показали, что наиболее эффективным является третий размерный вариант фальшподдона.

Таблица 1 - Величина зазоров между стенками фальшподдона и КП

№ фальшподдона	Левая стенка	Правая стенка	Задняя стенка	Расстояние между днищами
1	10	10	10	20
2	15	15	15	30
3	15	15	15	20
4	20	20	20	40

Развертка для изготовления представлена на рисунке 2.

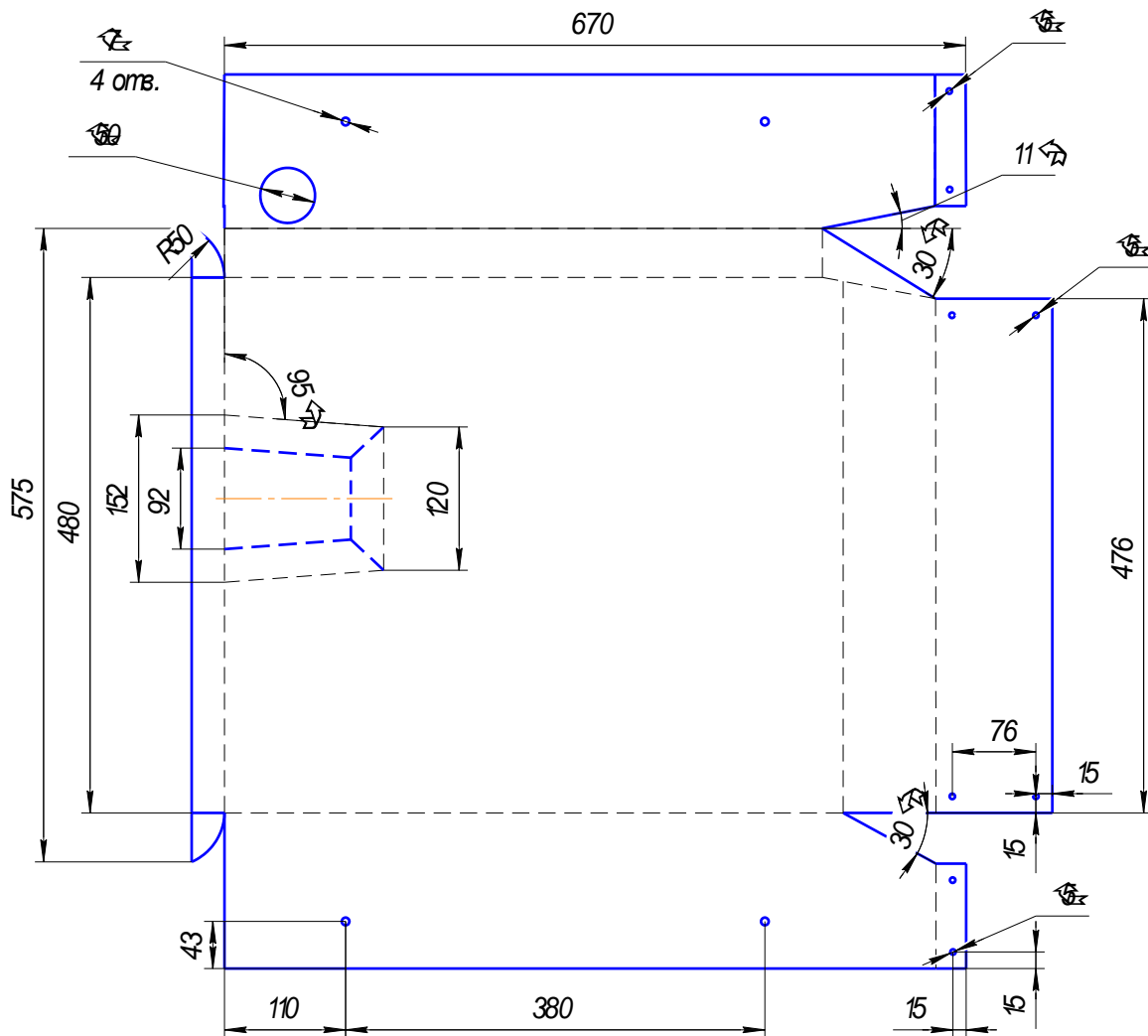


Рис. 2. Развертка для изготовления фальшподдона КП ZF 16S 1820 автомобиля КАМАЗ

К теплоносителям, применяемых для обогрева современных агрегатов автомобилей предъявляются ограничения. Например, сетчатый фильтр масла системы смазки коробки передач имеет корпус, который изготовлен из пластмассы, а с наружной стороны коробки передач расположены фторопластовые трубки пневмосистемы управления делителем и датчики включения делителя и скорости. Согласно руководству эксплуатации коробки передач, при обогреве КП горячим воздухом, его температура не должна превышать 130°C.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что максимальная температура выхлопных газов штатного предпускового подогревателя не превышает 185°C на срезе выхлопной трубы и 110...120 °C на входе в фальшподдон. Это связано с тепловыми потерями и смешиванием с холодным воздухом в подводящем патрубке. Следовательно, обогрев КП передач выхлопными газами подогревателя не будет оказывать вредные термические воздействия и не требует дополнительных конструктивных изменений фальшподдона.

В настоящее время, большинство автомобилей подставляемых на Российский рынок, оснащаются индивидуальными автономными жидкостными подогревателями. Однако тепловая мощность этих агрегатов используется не в полной мере. Например, значительная часть тепловой энергии теряется с отработавшими газами подогревателя. В этой связи, были проведены экспериментальные исследования по определению возможности использования отработавших газов жидкостного подогревателя как теплоносителя, а также оценке предельных температур обогрева и возможности применения данного источника теплоносителя для обогрева агрегатов трансмиссии.

Экспериментальное исследование процесса разогрева масла в коробке передач отработавшими газами жидкостного предпускового подогревателя двигателя проводилось при температуре окружающего воздуха минус 33°C.



a - общий вид установки;

б - процесс разогрева коробки передач

Рис. 3. Экспериментальная установка для исследования возможности использования отработавших газов подогревателя для разогрева масла в КП

Для повышения эффективности тепловой подготовки отработавшими газами жидкостного подогревателя была предложена конструкция фальшподдона (см. рисунок 2)



a - фальшподдон коробки передач автомобиля КАМАЗ;

б - предпусковой подогреватель двигателя

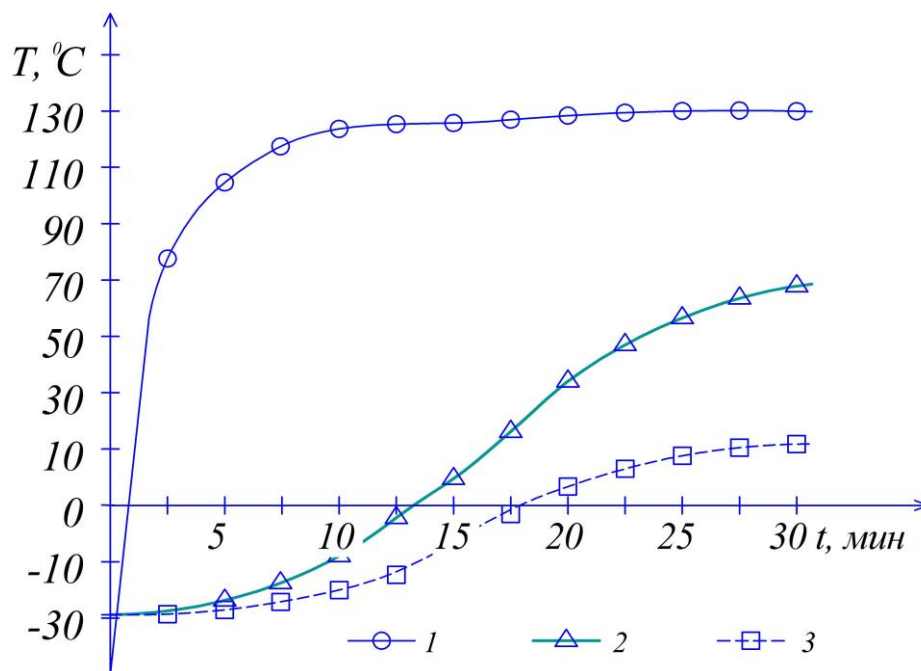
Рис. 4. Фальшподдон коробки передач установленной на автомобиль КАМАЗ, использующий в качестве теплоносителя отработавшие газы подогревателя

Согласно проведенным экспериментальным исследованиям, для поддержания температурного напора в необходимых пределах, целесообразнее применение первого размерного варианта, согласно таблицы 1. Экспериментальные исследования проводились при температуре окружающего воздуха от минус 28 до минус 36°C. Результаты экспериментов представлены на рисунке 5.

В ходе экспериментов было установлено, что температура в полости между фальшподдоном и коробкой передач повышается до 128°C в течении 35 сек., после начала работы предпускового подогревателя на полной мощности. Замечено, что повышение температуры масла во всасывающем канале маслозаборника происходит интенсивнее, чем в накопителе масла картера. Это связано с тем, что маслозаборник толстостенный металлический цилиндр с диаметром 35 мм и длиной 280 мм, ограниченный объем масла, способствующей быстрому его разогреву.

За время, в течении которого выполнялась тепловая подготовки двигателя штатным предпусковым подогревателем, отработавшими газами удалось прогреть масло в маслозаборнике коробки передач до температуры +9°C.

Данное время соответствовало 28 минутам. Прогрев масла до указанной температуры обеспечивает нормальную её прокачиваемость в системе смазки коробки передач без нарушения баланса распределения.



1 – температура отработавших газов внутри фальшподдона;
 2 – температура масла в зоне маслоприемника при прогреве генератором горячих газов;
 3 – температура масла в зоне маслоприемника при прогреве выхлопными газами подогревателя

Рис. 5. Временная реализация отработавших газов и масла

Применение отработавших газов жидкостного подогревателя для тепловой подготовки коробки передач, возможно до температуры окружающего воздуха минус 34°C. При более низких температурах время тепловой подготовки резко увеличивается.

С целью сокращения времени тепловой подготовки коробки передач при температуре воздуха минус 35°C и ниже следует применить более мощный тепловой агрегат, например генератор горячих газов, температура теплоносителя которого достигает 500...700°C.

Для снижения температуры газов до приемных рекомендуется применять специальное устройство для смешивания горячего воздуха с холодным - эжектор.

Согласно «Руководству эксплуатации коробки передач фирмы ZF», максимальная температура теплоносителя при ее обогреве горячим воздухом во избежание выхода из строя деталей и узлов из композитных материалов не должна превышать 130°C. Однако, минимальная температура теплоносителя ограничивается необходимостью создания температурного напора и эффективностью применения генератора горячих газов и составляет 85°C.

Дальнейшее снижение температуры теплоносителя ведет к увеличению времени на тепловую подготовку КП. Эффективность применяемого теплового источника можно оценить проанализировав скорости нагрева масла в КП при разогреве разными способами, представленными на рисунке 6.

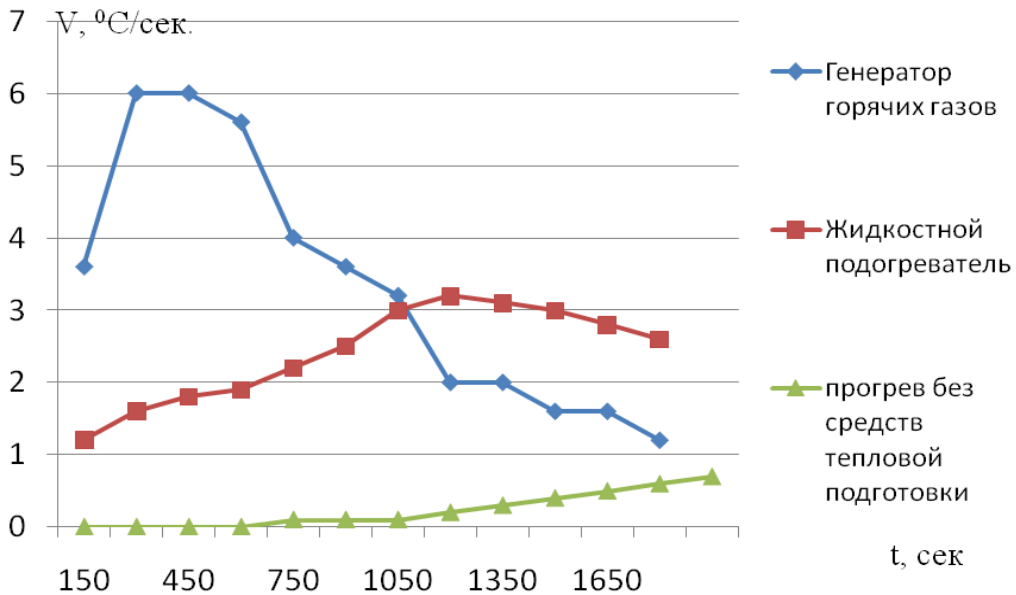


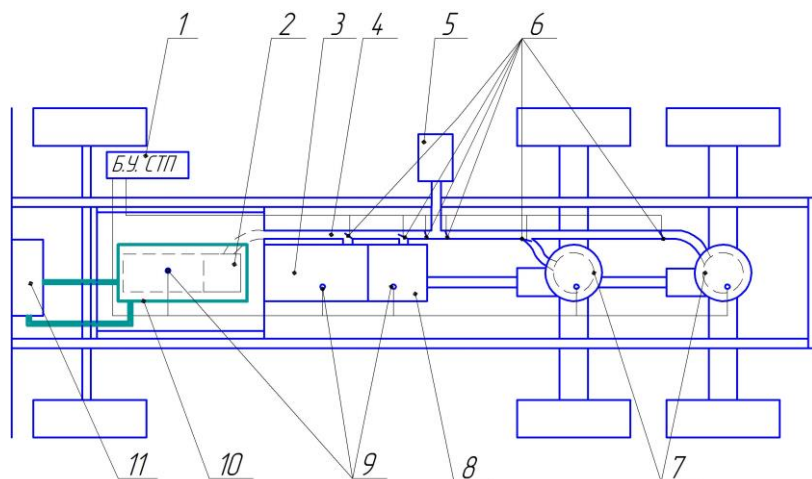
Рис. 6. Динамика скорости нагрева масла в маслосборнике коробки передач

На рисунке 6 видно, что при использовании генератора горячих газов скорость нагрева масла выше, причем в первые 15 минут обогрева она остается высокой. В случае прогрева без применения средств тепловой подготовки, скорость плавно растет, но остается низкой.

Таблица 2. Величина воздушного зазора между стенками фальшподдона и коробки передач

№ фальшподдона	Левая стенка	Правая стенка	Задняя стенка	Расстояние между днищами
2	15	15	15	30

Для повышения эффективности тепловой подготовки необходимо объединить ее в систему комплексной тепловой подготовки. Основу системы комплексной тепловой подготовки составляют три тепловых агрегата, функционирование каждого из которых независимо друг от друга. Это жидкостной подогреватель двигателя, независимый отопитель кабины и генератор горячих газов. При этом они могут обогревать одни и те же агрегаты, что позволяет сократить время на тепловую подготовку автотракторной техники.



1 - блок управления, 2 - масляной картер двигателя, 3 - коробки передач, 4 - металлический воздуховод, 5 - генератор горячих газов, 6 - дроссельные заслонки, 7 - картеры мостов, 8 - картер раздаточной коробки, 9 - датчики температуры, 10 - рубашка охлаждения двигателя, 11 - жидкостной предпусковой подогреватель двигателя

Рис. 7. Система комплексной тепловой подготовки

Устройство состоит из гибкого рукава, соединенного металлическим воздуховодом с отводами к раздаточной коробке 7 и задним мостам 8. В магистрали установлены клапаны 6 с электроприводом, регулирующие поток горячих газов в зависимости от температуры нагрева каждого агрегата. В масляном картере двигателя, коробки передач, раздаточной коробки 7, мостах автомобиля 8 установлены датчики температуры для контроля температуры масла в агрегатах. От блока управления 1 в кабине автомобиля включается генератор горячих газов, который подает горячие газы в газо-воздушную магистраль. Блок управления 1 в зависимости от температуры каждого агрегата с помощью клапанов 6 регулирует подачу газо-воздушной смеси к каждому агрегату.

Для реализации такой системы, предлагается способ, позволяющий выполнить систему тепловой подготовки автомобиля к принятию нагрузки автономной, тем самым повышаются показатели готовности, надёжности систем и агрегатов автомобиля. Указанные характеристики достигаются тем, что с целью повышения универсальности системы тепловой подготовки применена газо-воздушная магистраль из металлического рукава с отводом, от которого на агрегаты автомобиля и с датчиками и клапанами, регулирующими подачу газо-воздушной смеси к каждому агрегату в автоматическом режиме.

Выводы. Обобщая полученные результаты отмечаем.

1. Влияние низких температур на работоспособность системы смазки возможно минимизировать только путем внедрения описанных мероприятий, например, при температуре воздуха до минус 35°C, для автомобилей с подогревателем при тепловой подготовке достаточно использовать выхлопные газы штатного подогревателя, а при температурах ниже минус 35°C совместно с фальшподдоном применять в качестве теплового агрегата генератор горячих газов ТермМикс 15Д-24. Это позволяет повысить надежность агрегатов трансмиссии, в частности коробки передач, и проводить их тепловую подготовку без применения дополнительных источников энергии до температуры окружающей среды минус 34°C.

2. При эксплуатации автомобиля в условиях температуры ниже минус 35°C, целесообразнее применение генератора горячих газов, что позволяет сократить время на тепловую подготовку и эффективно проводить до температур минус 45°C.

3. Применение рассматриваемых способов тепловой подготовки агрегатов автотракторной техники позволяет эффективно решить проблемы их надежности в условиях низких температур, при этом дифференцированный подход по выбору способов тепловой подготовки позволяет повысить экономическую эффективность применяемых мероприятий, что в значительной мере снизит эксплуатационные затраты по автотракторной технике.

Библиография

1. Габитов И.И. Интеллектуализация технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (47). С. 13-17.
2. Габитов И.И., Неговора А.В., Рязанов М.М., Гусев Д.А. Оптимизация процесса тепловой подготовки сельскохозяйственной техники в условиях низких температур // Технический сервис машин. 2019. № 1 (134). С. 122-130.
3. Черноиванов В.И., Габитов И.И., Неговора А.В. Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. С. 74-81.
4. Неговора А.В., Рязанов М.М., Инсафудинов С.З. Современная концепция тепловой подготовки автотракторной техники в условиях низких температур // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (48). С. 135-141.
5. Неговора А.В., Рязанов М.М., Курдин П.Г., Филиппов Ю.К., Токарев В.А. Современные проблемы эксплуатации автомобилей в условиях низких температур независимо от климатической зоны // Журнал автомобильных инженеров. 2017. № 4 (105). С. 36-41.
6. Pastukhov A., Kolesnikov A., Bakharev D., Berezhnaya A. Assessment of operability of compressor crankshaft // Engineering for rural development. Proceedings, Vol 17: Latvia University of Life Sciences and Technologies. Jelgava, 2018. pp. 850 – 855.
7. Инсафудинов С.З., Фархутдинов Т.Т., Абдразаков Ф.Г. Анализ способов удаленного непрерывного диагностирования технического состояния автотракторной и сельскохозяйственной техники. // В сборнике: Современ-

ное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК материалы международной научно-практической конференции в рамках XXIX международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2019». Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, ООО «Башкирская выставочная компания». 2019. С. 92-97.

8. Mudarisov S.G., Gabitov I.I., Lobachevsky Y.P., Mazitov N.K., Rakhimov R.S., Khamaletdinov R.R., Rakhimov I.R., Farkhutdinov I.M., Mukhametdinov A.M., Gareev R.T. Modeling the technological process of tillage // Soil & Tillage Research. 2019. Т. 190. Pp. 70-77.

9. Gabitov I.I., Negovora A.V., Khasanov E.R., Galiullin R.R., Farhshatov M.N., Khamaletdinov R.R., Martynov V.M., Gusev D., Yunusbaev N.M., Razyapov M.M. Risk reduction of thermal damages of units in machinery heat preparation for load acceptance // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2019. Т. 14. № 3. Pp. 709-716.

10. Insafuddinov S.Z., Valiev A.R., Plotnikov D.O. Increase diesel engine performance by turning off cylinders // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2019. № 16. Pp. 50-55.

11. Gabitov I.I., Insafuddinov S.Z., Kharisov D.D., Safin F.R., Negovora A.V., Yunusbaev N.M., Akhmetov A.F., Farhutdinov T., Sharafiev A. Diagnostics and regulation of fuel equipment of diesels on stands with injection to medium with counter-pressure // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Т. 13. № S11. Pp. 8782-8788.

References

1. Gabitov I.I. Intellectualizaciya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtotraktornoj i kombajnovoj tekhniki [Intellectualization of maintenance and repair of automotive and combine equipment] // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3 (47). S. 13-17.

2. Gabitov I.I., Negovora A.V., Razyapov M.M., Gusev D.A. Optimizaciya processa teplovoj podgotovki sel'skohozyajstvennoj tekhniki v usloviyah nizkih temperatur [Optimization of the process of thermal preparation of agricultural machinery at low temperatures] // Tekhnicheskij servis mashin. 2019. № 1 (134). S. 122-130.

3. Chernoiwanov V.I., Gabitov I.I., Negovora A.V. Cifrovye tekhnologii i elektronnye sredstva v sisteme tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtotraktornoj i kombajnovoj tekhniki. [Modern concept of thermal preparation of automotive equipment at low temperatures] // Trudy GOSNITI. 2018. Т. 130. S. 74-81.

4. Negovora A.V., Razyapov M.M., Insafuddinov S.Z. Sovremennaya koncepciya teplovoj podgotovki avtotraktornoj tekhniki v usloviyah nizkih temperatur [Modern concept of thermal preparation of automotive equipment at low temperatures] // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 4 (48). S. 135-141.

5. Negovora A.V., Razyapov M.M., Kurdin P.G., Filippov YU.K., Tokarev V.A. Sovremennye problemy ekspluatatsii avtomobilej v usloviyah nizkih temperatur nezavisimo ot klimaticheskoy zony [Modern problems of car operation at low temperatures, regardless of the climate zone] // ZHurnal avtomobil'nyh inzhenerov. 2017. № 4 (105). S. 36-41.

6. Pastukhov A., Kolesnikov A., Bakharev D., Berezhnaya A. Assessment of operability of compressor crankshaft. // Engineering for rural development. Proceedings, Vol 17: Latvia University of Life Sciences and Technologies. Jelgava, 2018. pp. 850 – 855.

7. Insafuddinov S.Z., Farhutdinov T.T., Abdrazakov F.G. Analiz sposobov udalennogo nepreryvnogo diagnostirovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya avtotraktornoj i sel'skohozyajstvennoj tekhniki. [Analysis of methods for remote continuous diagnostics of the technical condition of automotive and agricultural machinery] // V sbornike: Sovremennoe sostoyanie, tradicii i innovacionnye tekhnologii v razvitii APK materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii v ramkah XXIX mezhdunarodnoj specializirovannoy vystavki «Агрокомплекс-2019». Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», ООО «Башкирская выставочная компания». 2019. С. 92-97.

8. Mudarisov S.G., Gabitov I.I., Lobachevsky Y.P., Mazitov N.K., Rakhimov R.S., Khamaletdinov R.R., Rakhimov I.R., Farkhutdinov I.M., Mukhametdinov A.M., Gareev R.T. Modeling the technological process of tillage. // Soil & Tillage Research. 2019. Т. 190. Pp. 70-77.

9. Gabitov I.I., Negovora A.V., Khasanov E.R., Galiullin R.R., Farhshatov M.N., Khamaletdinov R.R., Martynov V.M., Gusev D., Yunusbaev N.M., Razyapov M.M. Risk reduction of thermal damages of units in machinery heat preparation for load acceptance // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2019. Т. 14. № 3. Pp. 709-716.

10. Insafuddinov S.Z., Valiev A.R., Plotnikov D.O. Increase diesel engine performance by turning off cylinders. // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2019. № 16. Pp. 50-55.

11. Gabitov I.I., Insafuddinov S.Z., Kharisov D.D., Safin F.R., Negovora A.V., Yunusbaev N.M., Akhmetov A.F., Farhutdinov T., Sharafiev A. Diagnostics and regulation of fuel equipment of diesels on stands with injection to medium with counter-pressure. // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Т. 13. № S11. Pp. 8782-8788.

Сведения об авторе

Разяпов Махмут Магдатович, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и машинно-тракторных комплексов, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, ул. 50-летия Октября, д. 34, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, 450001, e-mail: Mahmut_23@mail.ru, 8-961-3682555

Information about author

Razyapov Makhmut Magdutovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Cars and Machine-Tractor Complexes, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkortostan State Agriculture University», 34 October 50th Anniversary Str., Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, 450001, e-mail: Mahmut_23@mail.ru, 8-961-3682555

УДК 629.015:629.032

М.И. Романченко

АНАЛИЗ МОЩНОСТНОГО БАЛАНСА ПРИ КАЧЕНИИ КОЛЕСА В ВЕДУЩЕМ РЕЖИМЕ

Аннотация. Целью является уточнение аналитического подхода к составлению мощностного баланса при качении колеса в ведущем режиме качения. Установлено принципиальное отличие при составлении мощностного баланса колеса на основе динамического радиуса и радиуса качения колеса в свободном режиме. Полученные результаты расчетов составляющих мощностного баланса при использовании альтернативных радиусов подтверждают это отличие. Использование динамического радиуса при составлении мощностного баланса колеса является некорректным, так как приводит к явному нарушению законов механики. Выявлена особенность, заключающаяся в том, что мощность трения буксования контактной площадки шины из совокупности составляющих, относящихся к мощностным потерям, трансформируется в дополнение к активной мощности, подведенной к колесу посредством крутящего момента. В качестве примера, подтверждающего наличие противоречия, выполнены расчеты мощностного баланса для шины модели Goodyear OPTITRAC DT812 типоразмера 520/70R38, устанавливаемой на ведущие колеса трактора БЕЛАРУС 1523. Использование кинематического радиуса качения колеса в свободном режиме исключает всякие противоречия в мощностном балансе и является корректным. При тяговых расчетах машинно-тракторных агрегатов, осуществляемых с использованием динамического радиуса колеса вместо радиуса качения в свободном режиме, возможна заниженная количественная оценка мощности, необходимой для передачи от двигателя к колесному движителю при обеспечении того или иного режима движения машинно-тракторного агрегата. Расчетные значения режимных мощностных показателей двигателя при эксплуатационных тяговых расчетах на основе динамического радиуса должны подлежать корректированию в сторону их увеличения.

Ключевые слова: колесо, сила, реакция, радиус, качение, момент, мощность, баланс, коэффициент буксования.

POWER BALANCE ANALYSIS DURING WHEEL ROLLING IN DRIVING MODE

Abstract. The aim is to refine the analytical approach to the power balance when rolling the wheel in the driving rolling mode. There is a fundamental difference in the composition of the power balance of the wheel based on the dynamic radius and rolling radius of the wheel in free mode. The obtained results of calculations of power balance components using alternative radii confirm this difference. The use of dynamic radius in the composition of the power balance of the wheel is not correct, as it leads to a clear violation of the laws of mechanics. Feature revealed is that friction power of tire pad towing from set of components related to power losses is transformed in addition to active power supplied to wheel by means of torque. Power balance calculations for the Goodyear OPTITRAC model tyre DT812 520/70R38 size installed on the driving wheels of the BELARUS 1523 tractor have been performed as an example confirming the contradiction. Using the wheel's kinematic rolling radius in free mode eliminates any contradictions in the power balance and is correct. At traction calculations of machine-tractor units performed using dynamic radius of wheel instead of rolling radius in free mode, low quantitative estimation of power required for transmission from engine to wheel propulsor is possible at provision of some mode of movement of machine-tractor unit. Design values of engine operating power parameters at operational traction calculations on the basis of dynamic radius shall be corrected in the direction of their increase.

Keywords: wheel, force, reaction, radius, rolling, moment, power, balance, towing factor.

Введение. Наиболее глубокие исследования составляющих мощностного баланса колеса при качении в различных режимах представлены в монографии Петрушова В.А., Москвина В.В. и Евграфова А.Н. [1]. Значительный вклад в формализацию мощностного баланса колеса внесли также Смирнов Г.А. [2] и Ларин В.В. [3].

Представленные по результатам исследований публикации авторов [4-9] являются основой для продолжения дискуссий по поводу правомерности и корректности представления силового и мощностного балансов колеса при его качении в различных режимах, — с акцентированием особого внимания на ведущем режиме как преобладающем, — в той или иной форме, отличающейся использованием либо динамического радиуса колеса, либо радиуса его качения в свободном режиме.

Сторонником использования динамического радиуса в силовом и мощностном балансе колеса является Коптилов В.И. [4-5], который, однако, в своих исследованиях ограничивается априорным превышением величины динамического радиуса колеса над кинематическим

радиусом его качения в ведущем режиме. Это не позволяет дать полную оценку силового и кинематического взаимодействия колеса с опорной поверхностью во всем диапазоне изменения параметров этого взаимодействия.

Использование радиуса качения колеса в свободном режиме для научно обоснованного развития теории качения колеса отстаивает Пожидаев С.П. [6-9], руководствуясь неукоснительным соблюдением закона сохранения энергии и правил механики.

Целью исследования является уточнение аналитического подхода к составлению мощностного баланса при качении колеса в ведущем режиме.

Материалы и методы. Для сопоставления двух альтернативных вариантов использования радиусов колеса — динамического радиуса и радиуса качения в свободном режиме — выполним, в качестве отправного пункта при последующих расчетах, аналитическое построение мощностного баланса для ведущего режима качения колеса с использованием динамического радиуса r_d колеса.

Рассмотрим ведущий режим качения колеса в начальной стадии перехода от свободного режима качения к ведущему, когда радиус $r_{кв}$ качения колеса в этом режиме больше динамического радиуса r_d , то есть соблюдается неравенство

$$r_{кв} > r_d. \quad (1)$$

Обязательным условием корректно составленного мощностного баланса является неравенство, при котором тяговая мощность $N_{тяг}$, отведенная от колеса, должна быть меньше мощности N_k , подведенной к колесу, то есть

$$N_{тяг} < N_k, \quad (2)$$

или

$$P_x r_{кв} \omega_k < M_k \omega_k, \quad (3)$$

где P_x — продольная сила, приложенная к оси колеса противоположно направлению его движения, кН;

$r_{кв}$ — радиус качения колеса в ведущем режиме, м;

ω_k — угловая скорость вращения колеса вокруг своей оси, рад/с;

M_k — крутящий момент, подведенный к колесу, кНм.

При этом условии коэффициент полезного действия колеса в ведущем режиме качения, представленный как отношение тяговой мощности, выраженной в виде произведения продольной силы P_x , приложенной к колесу, на радиус $r_{кв}$ качения колеса и на угловую скорость ω_k вращения колеса, к мощности N_k , подведенной к колесу, всегда должен быть меньше единицы, то есть должно соблюдаться неравенство

$$\eta_k = \frac{P_x r_{кв} \omega_k}{N_k} < 1. \quad (4)$$

Мощностной баланс может быть получен на основе уравнения моментов относительно точки $O_{кв}$, которая соответствует радиусу $r_{кв}$ качения колеса в ведущем режиме (рисунок 1) и является мгновенным центром вращения, обладая нулевой линейной скоростью,

$$\Sigma M_{O_{кв}} = 0;$$

$$M_k - M_{деф} - P_x r_{кв} + R_x (r_{кв} - r_d) = 0. \quad (5)$$

В силу равенства продольной силы P_x и реакции R_x опорной поверхности имеем равенство составляющих этого выражения

$$P_x r_{кв} = R_x r_{кв}. \quad (6)$$

Произведем сокращение этих составляющих в выражении (6) и получим

$$M_k - M_{деф} - R_x r_d = 0. \quad (7)$$

После поэлементного выделения силовых составляющих, действующих активно и противодействующих им в реактивном отношении, и перенесении последних в правую часть уравнения получим

$$M_k = M_{деф} + R_x r_d. \quad (8)$$

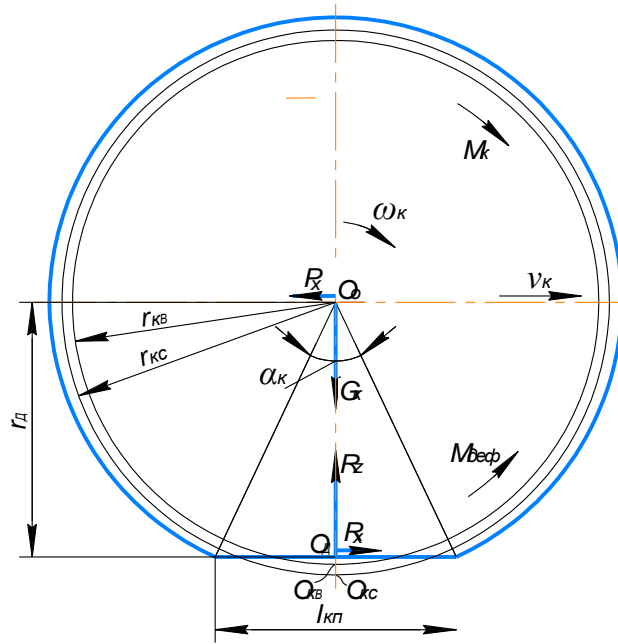


Рис. 1. Схема взаимодействия сил и моментов в ведущем режиме качения колеса при $r_{кв} > r_d$

Однако уравнение, представленное в таком сокращенном виде, не позволяет осуществить переход к мощностному балансу, поэтому обратимся к выражению, полученному в результате преобразования выражения (5),

$$M_k = M_{деф} + P_x r_{кв} - R_x (r_{кв} - r_d). \quad (9)$$

При умножении обеих частей этого выражения на угловую скорость ω_k колеса получим уравнение мощностного баланса при качении колеса в ведущем режиме для частного случая при условии $r_{кв} > r_d$

$$N_k = M_k \omega_k = M_{деф} \omega_k + P_x r_{кв} \omega_k - R_x (r_{кв} - r_d) \omega_k. \quad (10)$$

Следует обратить внимание на особенность, присущую ведущему режиму качения колеса для этого частного случая, заключающуюся в том, что третья составляющая в правой части выражения (10), представленная произведением $R_x (r_{кв} - r_d) \omega_k$, выражает собой дополнительную прибавку к активной мощности $N_k = M_k \omega_k$, подведенной к колесу, что становится очевидным при переносе этой составляющей в левую часть выражения, то есть

$$M_k \omega_k + R_x (r_{кв} - r_d) \omega_k = M_{деф} \omega_k + P_x r_{кв} \omega_k. \quad (11)$$

Аргументированного объяснения появлению дополнительного внутреннего источника активной мощности для осуществления процесса качения колеса, помимо крутящего момента, не находится. Это вскрывшееся обстоятельство требует выяснения и обоснования причин, приводящих к обнаруженному противоречию законам механики.

Составим мощностной баланс для другой схемы взаимодействия сил и моментов в ведущем режиме качения колеса, представленной на рисунке 2. В этом случае радиус $r_{кв}$ качения колеса в ведущем режиме меньше динамического радиуса r_d , то есть соблюдается неравенство

$$r_{кв} \leq r_d. \quad (12)$$

Представим уравнение моментов относительно точки $O_{кв}$, соответствующей радиусу $r_{кв}$ качения колеса в ведущем режиме (рисунок 2),

$$\Sigma M_{O_{кв}} = 0.$$

$$M_k - M_{деф} - P_x r_{кв} - R_x (r_d - r_{кв}) = 0. \quad (13)$$

Перенесем реактивные составляющие моментов в правую часть выражения

$$M_k = M_{деф} + P_x r_{кв} + R_x (r_d - r_{кв}). \quad (14)$$

При умножении обеих частей этого выражения на угловую скорость ω_k колеса получим уравнение мощностного баланса при качении колеса в ведущем режиме при $r_{кв} \leq r_d$

$$N_k = M_k \omega_k = M_{деф} \omega_k + P_x r_{кв} \omega_k + R_x (r_d - r_{кв}) \omega_k. \quad (15)$$

Выражение (15) может быть преобразовано в выражение (10). Однако, при всей тождественности выражений (10) и (15), в последнем случае — при условии $r_{кв} \leq r_d$ — явления, подобно описанному ранее для условия $r_{кв} > r_d$, не наблюдается в диапазоне $0 < r_{кв} \leq r_d$ изменения радиуса качения. Реактивные мощностные составляющие в правой части мощностного баланса имеют положительные численные значения.

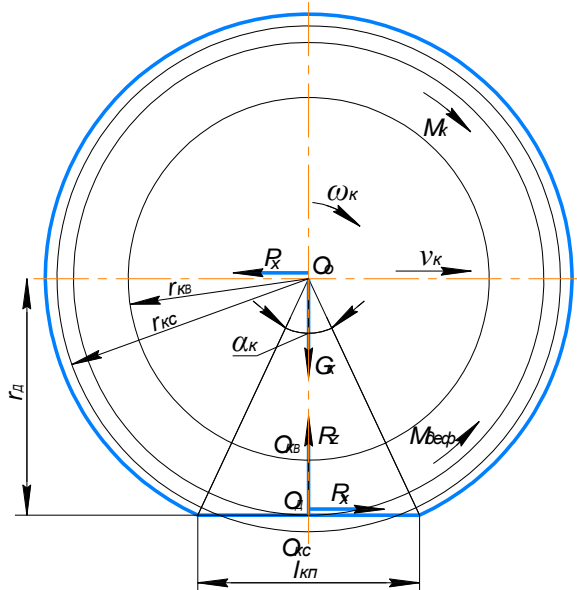


Рис. 2. Схема взаимодействия сил и моментов в ведущем режиме качения колеса при $r_{кв} < r_d$

Для сравнения рассмотрим другой вариант представления мощностного баланса колеса — на основе замещающей схемы взаимодействия сил и моментов. Он оказывается приемлемым для обоих случаев соблюдения условий, как при $r_{кв} > r_d$, так и при $r_{кв} \leq r_d$.

Составим уравнение моментов относительно точки $O_{кв}$, соответствующей радиусу $r_{кв}$ качения колеса в ведущем режиме (рисунок 3),

$$\begin{aligned} \Sigma M_{O_{кв}} &= 0; \\ M_k - M_{деф} - P_x r_{кв} + R_x (r_{кс} - r_{кв}) &= 0. \end{aligned} \quad (16)$$

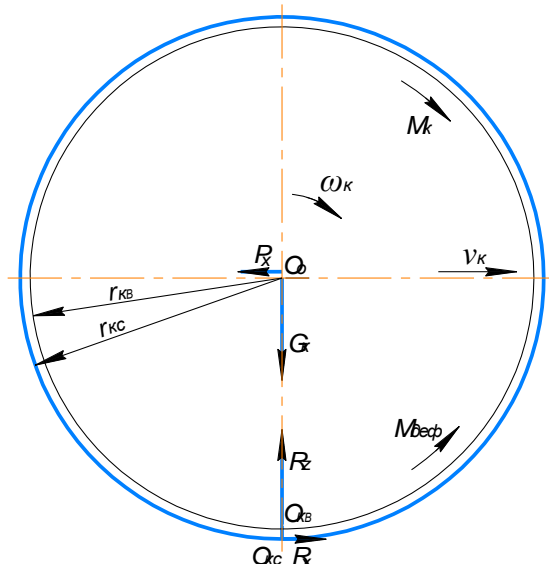


Рис. 3. Замещающая схема взаимодействия сил и моментов в ведущем режиме качения колеса при $r_{кв} > r_d$

Для перехода к мощностному балансу колеса умножим выражение на угловую скорость вращения колеса ω_k и переместим активную составляющую мощности в левую часть выражения

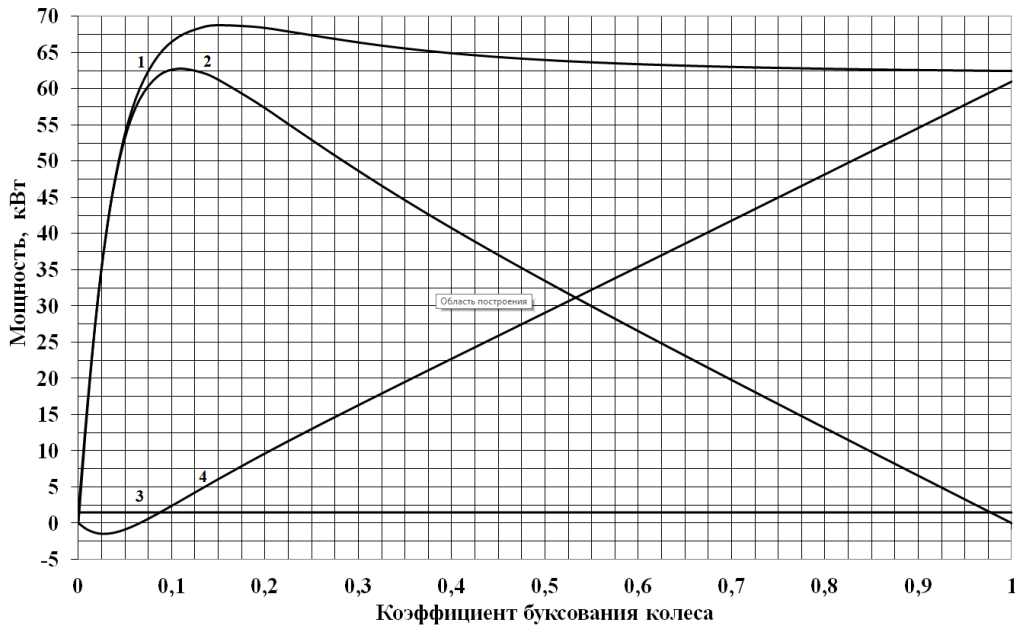
$$M_k \omega_k = M_{\text{деф}} \omega_k + P_x r_{\text{кв}} \omega_k + R_x (r_{\text{кс}} - r_{\text{кв}}) \omega_k. \quad (17)$$

Представим расчет мощностного баланса при угловой скорости вращения колеса $\omega_k = 5$ рад/с, что соответствует линейной скорости его движения в свободном режиме, равной $v_k = r_{\text{кс}} \omega_k = 0,837 \cdot 5 = 4,19$ м/с = 15,07 км/ч.

В качестве исходных данных для расчетов заимствуем данные [10] для шины модели Goodyear OPTITRAC DT812 типоразмера 520/70R38, устанавливаемой на ведущие колеса трактора БЕЛАРУС 1523: нагрузка на колесо $G_k = 19,5$ кН; наружный (свободный) диаметр шины $d_{\text{св}} = 1,751$ м; свободный радиус колеса $r_{\text{св}} = 0,876$ м; длина окружности качения шины $l_{o_k} = 5,258$ м; динамический (статический) радиус колеса при нормальной нагрузке и соответствующем внутреннем давлении воздуха в шине $r_d = 0,782$ м.

Дополнительно к этим исходным данным расчетом получены и другие необходимые данные: радиус качения колеса в свободном режиме $r_{\text{кс}} = 0,837$ м; центральный угол контактной площадки шины на опорной поверхности $\alpha_k = 0,881$ радиан; коэффициент трения покоя шины на опорной поверхности $\mu_{\text{пок}} = 0,92$; коэффициент трения скольжения шины на опорной поверхности при полном буксовании колеса $\mu_{\text{букс}} = 0,8$.

Результаты и обсуждение. Результаты расчетов мощностной диаграммы на основе динамического радиуса, с определением силовых и кинематических параметров по методике [11], приведены в графическом виде на рисунке 4.



1 — мощность, подведенная к колесу, $N_k = N_{\text{тяги}} + N_{\text{деф}} + N_{\text{букс}}$; 2 — тяговая мощность, отведенная от колеса, $N_{\text{тяги}}$; 3 — мощность сопротивления деформации шины при качении колеса, $N_{\text{деф}}$; 4 — мощность трения при буксовании контактной площадки шины, $N_{\text{букс}}$

Рис. 4. Мощностная диаграмма колеса на основе динамического радиуса

Численный анализ по расчетным данным показывает, что при определенном сочетании исходных данных необходимое условие (2) соблюдается.

Однако при других прочих условиях неравенство (2) может быть нарушено и обращено в противоположность

$$N_{\text{тяги}} > N_k. \quad (18)$$

Например, при тех же исходных данных, но при увеличении коэффициента сцепления шины с опорной поверхностью до величины, определяемой коэффициентом трения покоя шины на опорной поверхности $\mu_{\text{пок}} \geq 0,92$ и коэффициентом трения скольжения шины на опорной поверхности $\mu_{\text{букс}} \geq 0,8$, обнаружим превышение величины тяговой мощности — $N_{\text{тяги}} = P_x r_k \omega_k$ — над величиной подведенной к колесу мощности N_k , то есть

$$P_x r_k \omega_k > N_k. \quad (19)$$

Покажем это на численном примере. Выделим из массива расчетных данных, полученных на основе модели [11], следующие значения кинематических и силовых параметров: коэффициент буксования колеса $\delta_k=0,0263$; радиус качения колеса в ведущем режиме $r_{кв}=0,815$ м; продольная сила тяги $P_x=9,016$ кН и равная ей продольная реакция опорной поверхности $R_x=9,016$ кН; момент сопротивления деформации шины при качении колеса $M_{деф}=0,292$ кНм.

Численно представим мощностной баланс в соответствии с выражением (10), подставив в него выбранные расчетные данные,

$$N_k = 0,292 \cdot 5 + 9,016 \cdot 0,815 \cdot 5 + 9,016 \cdot (0,815 - 0,782) \cdot 5 = 1,46 + 36,74 - 1,49 = 36,71 \text{ кВт.}$$

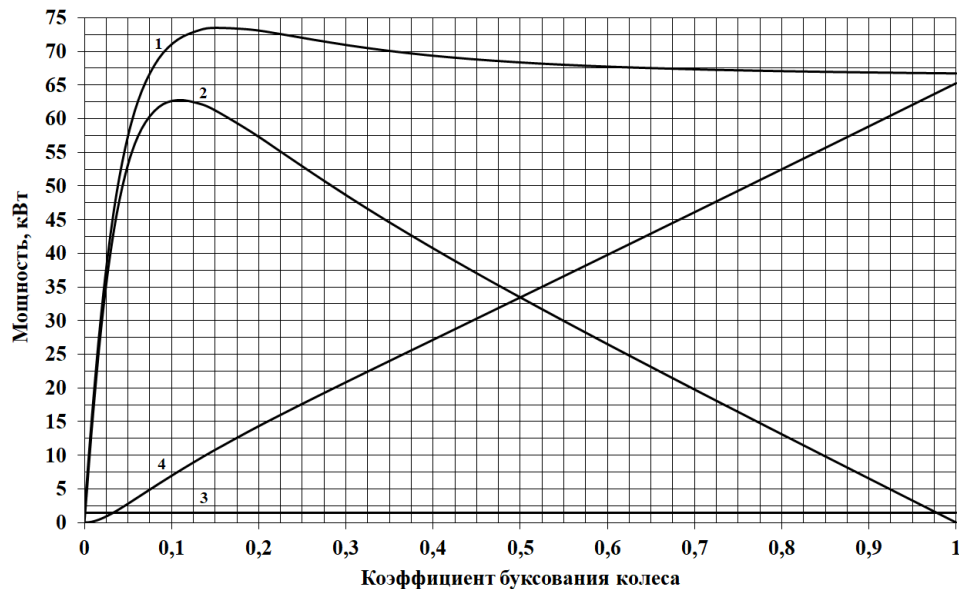
По результатам расчетов оказывается, что подведенная к колесу мощность N_k меньше по своему численному значению, чем тяговая мощность $N_{тяг}$, реализуемая на полезную тягу, определяемая произведением продольной силы P_x на радиус $r_{кв}$ качения колеса в ведущем режиме и угловую скорость колеса ω_k ,

$$N_k=36,71 \text{ кВт} < P_x r_{кв} \omega_k=36,74 \text{ кВт.}$$

Из неравенства следует, что расчетное значение коэффициента полезного действия колеса больше единицы, $\eta_k > 1$, а это противоречит известным законам механики.

Следует обратить внимание на достаточно широкий диапазон численных значений коэффициента δ_k буксования колеса в ведущем режиме при соблюдении условия $r_{кв} > r_d$. Коэффициент буксования изменяется в интервале $0 < \delta_k < 0,0657$. Ведущий режим движения колеса при граничном значении коэффициента буксования $\delta_k=0,0657$ достаточно близок к реализации максимальной тяговой мощности, достигаемой при коэффициенте буксования колеса $\delta_k=0,107$.

Количественное сопоставление по мощностным диаграммам, приведенным на рисунках 4 и 5, расчетных значений мощности N_k , подведенной к колесу, полученных соответственно по первому варианту — с использованием динамического радиуса — и по второму варианту — с использованием радиуса качения в свободном режиме, — показывает, что максимальная мощность N_k по второму варианту расчета мощностного баланса больше, чем по первому варианту, на 6,88 % при коэффициенте буксовании колеса $\delta_k=0,15$.



- 1 - мощность, подведенная к колесу, $N_k = N_{тяг} + N_{деф} + N_{букс}$; 2 - тяговая мощность, отведенная от колеса, $N_{тяг}$; 3 - мощность сопротивления деформации шины при качении колеса, $N_{деф}$;
- 4 - мощность трения при буксовании контактной площадки шины, $N_{букс}$

Рис. 5. Мощностная диаграмма колеса на основе кинематического радиуса (радиуса качения в свободном режиме)

Следует отметить, что зависимость мощности N_k , подведенной к колесу, от коэффициента буксования колеса (рисунок 5) по форме в точности повторяет тяговую диаграмму колеса,

полученную расчетом и представленную на рисунке 6, поскольку мощность N_k пропорциональна продольной силе тяги в соответствии с выражением, полученным преобразованием уравнения (17),

$$N_k = M_k \omega_k = M_{\text{деф}} \omega_k + P_x r_{\text{кс}}. \quad (21)$$

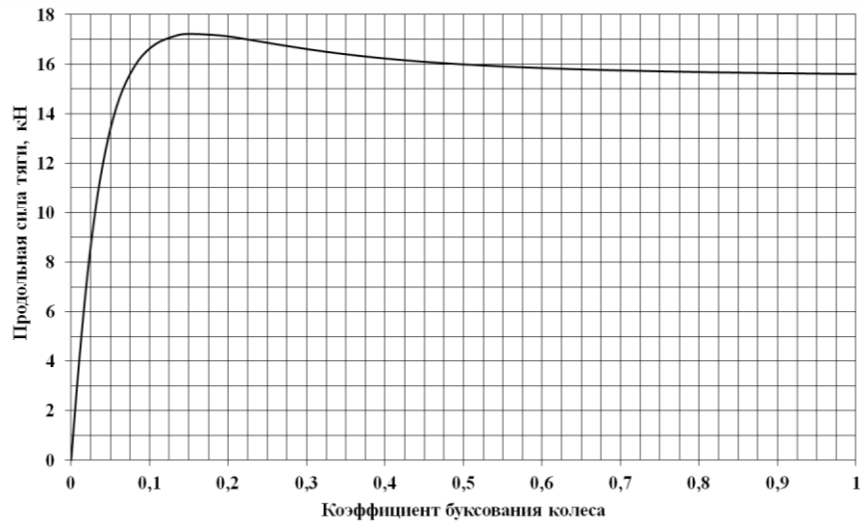


Рис. 6. Тяговая диаграмма колеса

В аналитическом виде формальное отличие в величине мощностного баланса между вторым и первым вариантом, представленными соответственно уравнениями (17) и (10), (15), определяется выражением, пропорциональным разности радиуса $r_{\text{кс}}$ качения колеса в свободном режиме и динамического радиуса $r_{\text{д}}$,

$$\Delta N_k = R_x (r_{\text{кс}} - r_{\text{д}}) \omega_k. \quad (20)$$

Выводы. Установлено фрагментарное отличие в структуре мощностного баланса колеса в ведущем режиме, составленного соответственно на основе динамического радиуса и радиуса качения в свободном режиме, подтвержденное результатами сравнительных расчетов составляющих мощностного баланса при использовании двух альтернативных радиусов.

Использование кинематического радиуса качения колеса в свободном режиме при составлении мощностного баланса колеса является корректным и не приводит к нарушению законов механики, в отличие от варианта с использованием динамического радиуса.

При тяговых расчетах машинно-тракторных агрегатов, осуществляемых с использованием динамического радиуса колеса вместо радиуса качения в свободном режиме, возможна заниженная количественная оценка потребной мощности, необходимой для передачи от двигателя к колесному движителю при обеспечении того или иного режима движения транспортного или машинно-технологического тракторного агрегата.

Исходя из этого, расчетные значения режимных мощностных показателей двигателя при эксплуатационных тяговых расчетах должны быть представлены в скорректированном виде в сторону их увеличения.

Библиография

1. Петрушов В.А., Московкин В.В., Евграфов А.Н. Мощностной баланс автомобиля. М.: Машиностроение, 1984. 160 с.
2. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Машиностроение, 1990. 352 с.
3. Ларин В.В. Оценка параметров прямолинейного качения колесного движителя по твердой опорной поверхности. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение», 2012. № 2. С. 59-69.
4. Коптилов В.И., Пархоменко Л.Б. Анализ уравнений силового и мощностного баланса ведущего колеса автомобиля // Нефть и газ Западной Сибири: Материалы международной научно-технической конференции. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. Т. 3. С. 206-209.
5. Коптилов В.И. О кинематическом и динамическом радиусе колеса с пневматической шиной // Проблемы функционирования систем транспорта: Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2016. Т. 1. С. 191-198.

6. Пожидаев С.П. О некоторых уточнениях теории качения эластичного колеса. Автомобильная промышленность, 2013. № 12. С. 13-15.
7. Пожидаев С.П. О теории качения эластичного колеса с позиции механики. Автомобильная промышленность, 2014. № 11. С. 16-17.
8. Пожидаев С. П. О противоречии в теории качения эластичного колеса с точки зрения закона сохранения энергии. Механізація та електрифікація сільського господарства, 2014. Вип. 99 (2). С. 169-176.
9. Пожидаев С.П. О причине, приведшей к заблуждению о возможности применения динамического радиуса в теории движения колесных самоходных машин // Нефть и газ Западной Сибири: Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Косухина Анатолия Николаевича. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2015. С.302-306.
10. Шины для тракторов, сельскохозяйственных машин и лесозаготовительной техники Goodyear OPTITRAC DT812. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.teh-center.ru/index.php?productID=1322> (дата обращения 10.03.2020).
11. Romanchenko M, Pastukhov A. Determination of specific power parameters and coefficient of slipping of tractor wheel. Contents of Proceedings of 18th International Scientific Conference. Engineering for rural development. Jelgava. 2019. May 22-24, p. 50-56.

Reference

1. Petrushov V.A., Moskovkin V.V., Evgrafov A.N. Moshchnostnoi balans avtomobilia. [Power balance of the car]. Moscow. Mechanical engineering Publ., 1984. 160 p.
2. Smirnov G.A. Teoriia dvizheniia kolesnykh mashin. [Theory of movement of wheeled vehicles]. Moscow. Mechanical engineering Publ., 1990. 352 p.
3. Larin V.V. Otsenka parametrov priamolineinogo kachenii kolesnogo dvizhitelia po tverdoi opornoj poverkhnosti. [Estimation of parameters of rectilinear rolling of a wheel mover on a solid support surface]. Bulletin of the Bauman Moscow state University. Series «Mechanical engineering», 2012, no. 2. Pp. 59-69.
4. Kopotilov V.I. Parkhomenko L.B. Analiz uravnenii silovogo i moshchnostnogo balansa vedushchego kolesa avtomobilia. [Analysis of power and power balance equations of the driving wheel of the automobile]. Western Siberia Oil and Gas: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Tyumen. Tyumen State Oil and Gas University Publ., 2015, vol. 3, Pp. 206-209.
5. Kopotilov V.I. O kinematicheskom i dinamicheskom radiuse kolesa s pnevmaticheskoi shinoi. [About kinematic and dynamic radius of wheel with pneumatic tire]. [Problems of Transport Systems Functioning: Materials of the International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists]. Tyumen. Tyumen industrial university Publ., 2016, vol. 1, Pp. 191-198.
6. Pozhidaev S.P. O nekotorykh utochneniakh teorii kachenii elastichnogo kolesa. [About some refinements of elastic wheel rolling theory]. Automotive industry, 2013, no. 12, Pp. 13-15.
7. Pozhidaev S.P. O teorii kachenii elastichnogo kolesa s pozitsii mekhaniki. [About the rolling theory of the elastic wheel from the position of mechanics]. Automotive industry, 2014, no. 11, Pp. 16-17.
8. Pozhidaev S. P. O protivorechii v teorii kachenii elastichnogo kolesa s tochki zreniia zakona sokhraneniia energii. [On Contradictions in the Theory of Rolling Elastic Wheel from the Point of View of the Law of Energy Preservation]. Mechanization and electrification of agriculture, 2014, no. 99 (2), Pp. 169-176.
9. Pozhidaev S.P. O prichine, privedshei k zabluzhdeniiu o vozmozhnosti primeneniia dinamicheskogo radiusa v teorii dvizhenii kolesnykh samokhodnykh mashin. [About the reason that led to the misconception about the possibility of using dynamic radius in the theory of movement of wheeled self-propelled machines]. Oil and Gas of Western Siberia: Materials of the International Scientific and Technical Conference Dedicated to the 90th Anniversary of the Birth of Kosukhin Anatoly Nikolayevich]. Tyumen. Tyumen industrial university Publ., 2015, Pp. 302-306.
10. Shiny dlia traktorov, sel'skokhoziaistvennykh mashin i lesozagotovitel'noi tekhniki Goodyear OPTITRAC DT812. Available at: <http://www.teh-center.ru/index.php?productID=1322> (accessed 1 March 2020).
11. Romanchenko M., Pastukhov A. Determination of specific power parameters and coefficient of slipping of tractor wheel // Contents of Proceedings of 18th International Scientific Conference. Engineering for rural development. Jelgava, 2019, May 22-24, Pp. 50-56.

Сведения об авторах

Романченко Михаил Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры технического сервиса в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 4722 39-29-35, e-mail: mir-23@mail.ru

Information about the authors

Romanchenko Mikhail I., Candidate of Technical Sciences, associate professor of the department of technical service in agriculture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, p. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, phone +7 4722 39-29-35, e-mail: mir-23@mail.ru

УДК 631.3:621.825.6

Е.П. Тимашов, А.П. Тимашов, А.А. Миненко

ТЕРМОМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА КАРДАННОГО ШАРНИРА ПРИВОДА ЖАТКИ CERIO 770

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальной апробации технологии термометрического неразрушающего контроля карданного шарнира привода жатки CERIO 770 зерноуборочного комбайна CLAAS TUCANO 570 в период уборочной кампании 2019 года в хозяйствах Белгородской области и Краснодарского края. Цель работы заключается в обосновании технологического процесса термометрической диагностики для элементов механической трансмиссии сельскохозяйственной техники. В основе исследования лежит системный подход, предусматривающий термометрический контроль на трех взаимосвязанных иерархических уровнях. Теоретическая основа и методы исследования представлены аналитическим уравнением для определения температуры в зоне трения, температурным анализом конечно-элементной модели исследуемого узла, и практическими наблюдениями с учетом эксплуатационных факторов. Системный подход позволил определить величины тепловыделения для элементарного тепловыделяющего элемента, для диагностируемого узла и для диагностируемого узла с учетом тепловыделения внешних источников. Разработанная математическая модель с учетом конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов дает адекватную оценку величины тепловыделения в сопряжении в результате трения для первого иерархического уровня. Применение метода конечных элементов позволило определить величину диагностической температуры, пригодной для диагностики по второму диагностическому уровню. Для учета влияния внешних факторов нагрева по третьему иерархическому уровню произведены эксплуатационные наблюдения. Термометрический контроль подшипниковых узлов карданного шарнира показал существенное влияние изменения уровня солнечной радиации на результаты измерений температуры. Для учета этого фактора и компенсации измеренных значений температуры разработано уравнение теплового баланса для исследуемого узла, включающее тепловую энергию от солнечной радиации, энергию, отданную в окружающую среду, посредством конвекции и посредством излучения. Результаты и обобщения исследования доказывают эффективность применения термометрического неразрушающего контроля для подшипниковых узлов карданного шарнира.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, жатка, термодиагностика, карданный шарнир, диагностика, надежность, системный подход.

THERMOMETRIC DIAGNOSTICS OF THE CARDAN JOINT OF THE HEADER DRIVE CERIO 770

Abstract. The article contains the results of experimental testing of the technology of thermometric nondestructive testing of the cardan joint of the drive of the cake CERIO 770 combine CLAAS TUCANO 570 during the harvest campaign of 2019 in the farms of the Belgorod region and Krasnodar territory. The purpose of the work is to justify the process of thermometric diagnostics for mechanical transmission elements of agricultural machinery. The study is based on a systematic approach involving thermometric control at three interrelated hierarchical levels. Theoretical basis and methods of research are represented by analytical equation for determination of temperature in friction zone, temperature analysis of finite-element model of investigated unit, and practical observations taking into account operational factors. The system approach made it possible to determine the values of heat release for an elementary fuel element, for the node being diagnosed, and for the node being diagnosed, taking into account the heat release of external sources. The developed mathematical model, taking into account design, technological and operational factors, provides an adequate estimate of the amount of heat generated in the coupling as a result of friction for the first hierarchical level. The use of the finite element method made it possible to determine the value of the diagnostic temperature suitable for diagnostics at the second diagnostic level. To account for the influence of external heating factors on the third hierarchical level operational observations were made. Thermometric control of the bearing units of the cardan joint showed a significant impact of the change in the level of solar radiation on the results of temperature measurements. In order to account for this factor and compensate for the measured temperature values, an equation of thermal balance has been developed for the tested unit, including thermal energy from solar radiation, energy released to the environment, by convection and by radiation. The results and generalizations of the study prove the effectiveness of using thermometric nondestructive testing for cardan joint bearing assemblies.

Keywords: combine harvester, rod, thermal diagnostics, cardan joint, diagnostics, reliability, system approach.

Введение. Ключевым элементом системы обеспечения надежности техники является техническая диагностика, применение которой актуально как для планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта, так и для надежно-ориентированной системы технического обслуживания (Reliability-centered maintenance) [1-7]. Ряд исследований посвящены применению термометрического неразрушающего контроля для диагностирования элементов механических трансмиссий – муфт, подшипников, зубчатых передач [8-13].

Диагностирование механических передач подразумевает контроль величины и скорости механического изнашивания в сопряжениях, температура нагрева которых является сопутствующим параметром, и не позволяет установить очевидной зависимости. Для реализации термометрического контроля необходимо создание температурной модели диагностируемого объекта [10]. Температурная модель, после обязательной проверки ее адекватности, вводится в алгоритм диагностирования. В исследовании [14] была разработана температурная модель карданного шарнира, включающая математическую модель первого уровня, конечно-элементные модели для второго и третьего уровня. Результаты стендовых испытаний показали адекватность разработанной модели. Существует объективная необходимость проведения эксплуатационных испытаний и апробации технологии термометрического контроля.

Материал и методы исследования. Основу исследований составляет системный подход, формирующий температурную модель на трех взаимосвязанных иерархических уровнях: температура элементарного тепловыделяющего соединения (температура в зоне трения Θ_F); температура диагностируемого узла; температура диагностируемого узла с учетом влияния внешнего тепловыделения (диагностическая температура Θ_D). К исходным параметрам конструктивные, включающие геометрические размеры подшипниковых узлов, свойства материала деталей, технологические, включающие шероховатость рабочих поверхностей, зазоры подшипниковых узлов Δ , предельно допустимую температуру Θ_L , эксплуатационные, включающие температуру окружающей среды Θ_0 , угол излома в шарнире γ , угловая скорость вращения шарнира ω , передаваемый крутящий момент M (см. формулу (1)). Алгоритм дальнейших действий представлен на рисунке 1.

Основная задача заключается в установлении зависимости диагностической температуры Θ_D от температуры элементарного тепловыделяющего соединения Θ_F , температуры окружающей среды Θ_0 , приращения температуры от приращения зазора в соединении Θ_Δ . Полученная зависимость позволяет по величине измеренной диагностической температуры Θ_D определить величину Θ_F и сравнить ее с предельно допустимой температурой $\Theta_L=250$ °С [14]. Произведенные ранее стендовые испытания [15] позволили установить такую зависимость, однако в условиях реальной эксплуатации температурная модель неизбежно подвержена влиянию большего количества факторов, к которым можно отнести интенсивность солнечной радиации и скорость ветра. Первый фактор может приводить к дополнительному нагреву диагностируемой поверхности, а второй – к ее дополнительному охлаждению.

Моделирование температурных полей по методу конечных элементов производилось в программе КОМПАС-3D V18 с использованием прикладной библиотеки APM FEM.

В качестве объекта исследования выбран карданный шарнир производства компании Walterscheid, служащий для привода жатки CERIO 770 зерноуборочного комбайна CLAAS TUCANO 570.

Измерение диагностической температуры Θ'_D производилось бесконтактным методом с помощью цифрового инфракрасного пирометра «piRo-330». Расстояние бесконтактного измерения выбрано в соответствии с руководством по эксплуатации: для измерения области диаметром 22 мм необходимое расстояние составило 264 мм. Измерение зазора Δ производилось индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм.

Цель исследования – апробация технологии термометрического контроля для карданных шарниров и изучение влияния климатических факторов.

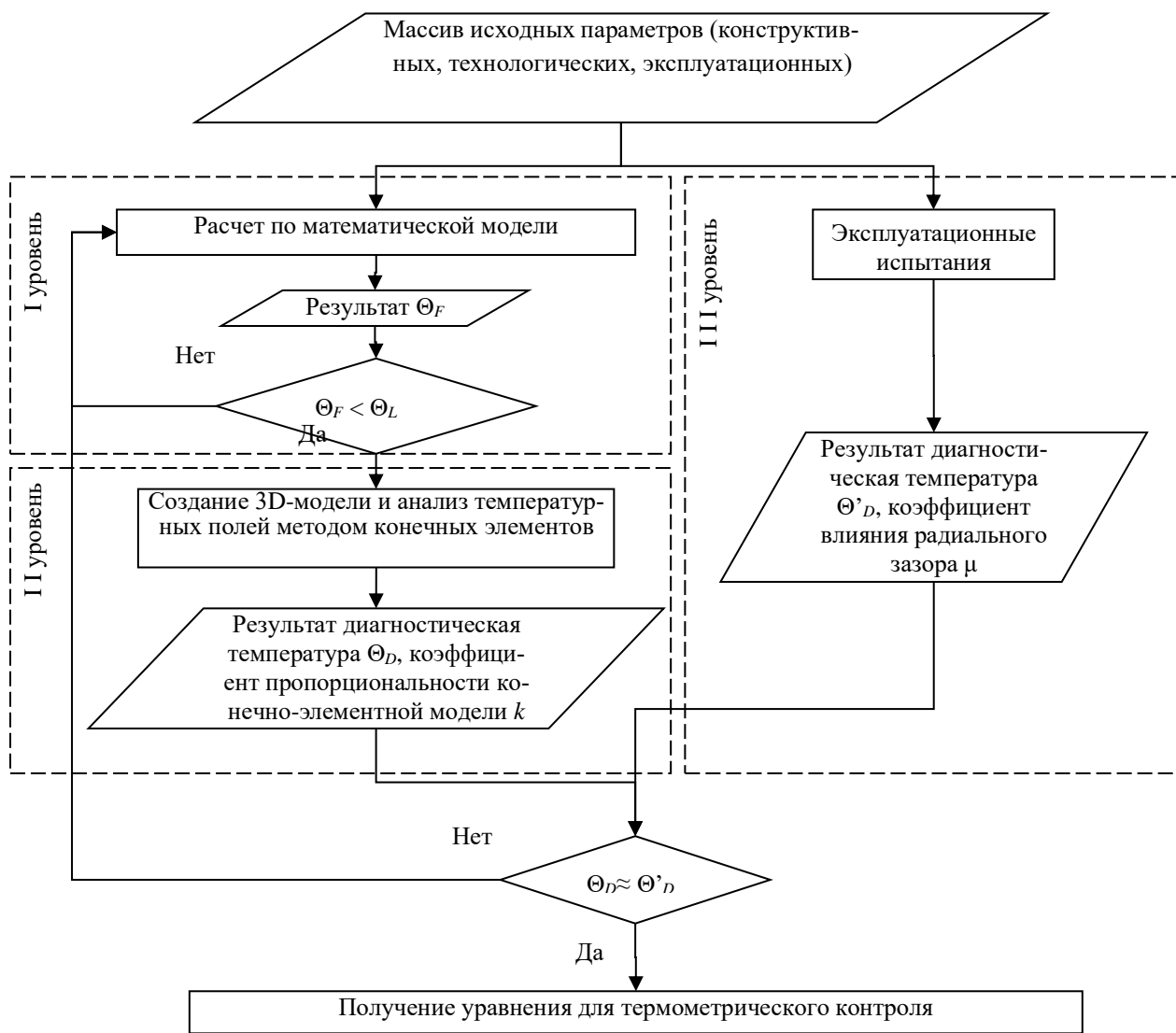


Рис. 1. Алгоритм исследования

Результаты исследования и их обсуждение. Для расчета температуры Θ_F первого иерархического уровня используем зависимость [15]:

$$\Theta_F = \frac{\delta f M \omega t g \gamma}{4 R I \left(\lambda \sqrt{\frac{\alpha(2h + \pi r)}{\lambda \pi r h}} + k' \rho c 2,6 \frac{\sqrt{a}}{\lambda_D} \sqrt{\sin \gamma \omega r} \right)}, \quad (1)$$

где δ – коэффициент распределения теплоты между трущимися телами; f – коэффициент трения скольжения; I – механический эквивалент теплоты; λ – теплопроводность, Вт/м²С; α – коэффициент теплоотдачи поверхности, Вт/м²С; k' – коэффициент пропорциональности; ρ – плотность материала, кг/м³; c – удельная теплоемкость, Дж/кг²С; a – коэффициент температуропроводности, м²/с; λ_D – длина волны неровностей на трущейся поверхности, м; r – радиус шипа крестовины, м; ω – угловая скорость, рад/с; γ – угол излома в шарнире, град; M – передаваемый крутящий момент, Нм; R – средний радиус вращения шипов, м; h – рабочая высота шипа, м.

Определение конструктивных параметров для карданного шарнира производилось путем измерения размеров его деталей, а также изучения каталогов производителя [16]. Схема карданного шарнира приведена на рисунке 2. Для определения эксплуатационных факторов: частота вращения, угол излома, крутящий момент использовалась кинематическая схема (рис. 3). Угол излома в шарнире определен фактически и составил $\gamma=20^\circ$. Привод жатки CERIO 770

устроен и работает следующим образом. Поток мощности от наклонной камеры передается через карданную передачу 1, являющуюся объектом исследования. Далее поток мощности разделяется на цепную передачу 2 и редуктор 4. Цепная передача приводит в движение шнек 3. Редуктор 4 через карданную передачу 5 приводит в движение планетарный механизм 6 привода режущего аппарата.

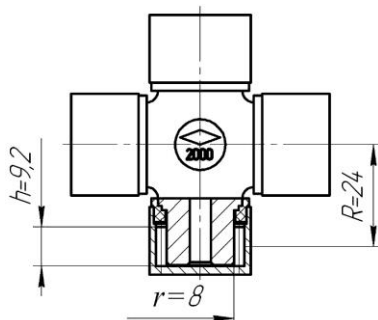


Рис. 2. Схема карданного шарнира Walterscheid

Визуально определено передаточное отношение цепной передачи $i=4,42$. Из источника [17] определены следующие значения: угловая скорость шнека 3 - $\omega=18,6 \text{ с}^{-1}$; угловая скорость привода 6 режущего аппарата - $\omega=127,5 \text{ с}^{-1}$. В результате вычислений частота вращения карданного вала 1 составляет $\omega=82,2 \text{ с}^{-1}$.

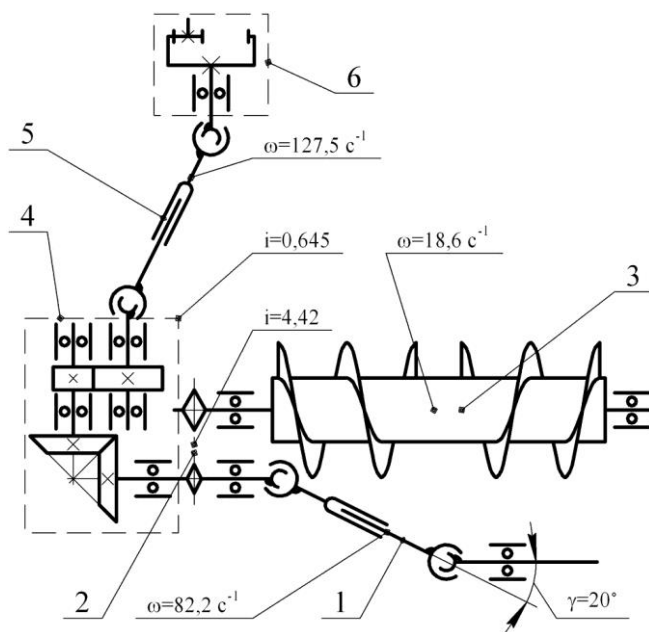
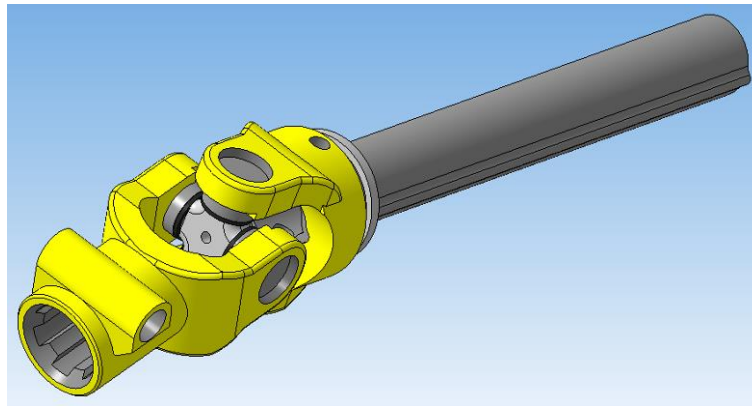
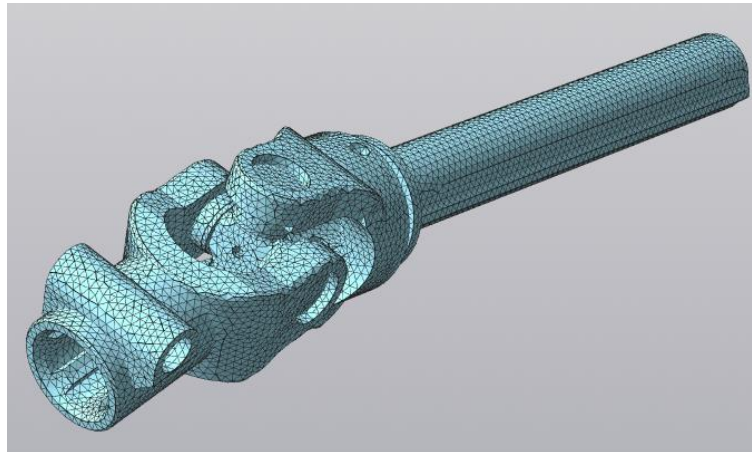


Рис. 3. Кинематическая схема привода жатки CERIO 770

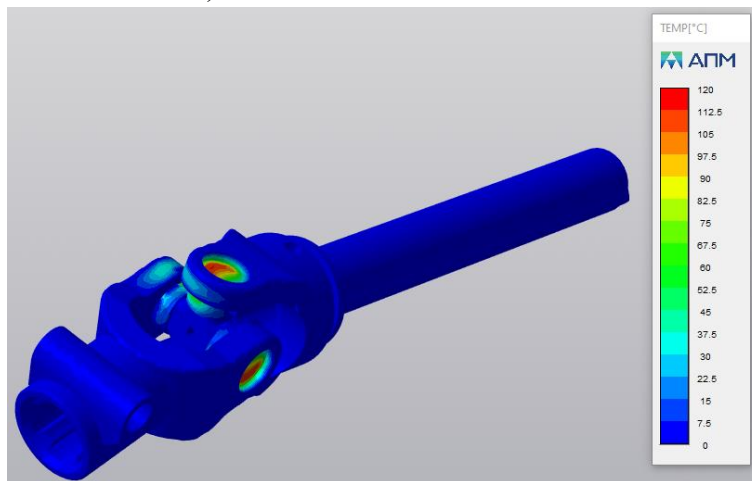
Для определения величины крутящего момента M воспользуемся приведенной оценкой удельной мощности для жаток [18] – 1,4...2,1 кВт/м, при ширине захвата жатки 7,7 м мощность, потребляемая жаткой составит 10,78...16,2 кВт. Отсюда, с учетом угловой скорости карданного вала 1 крутящий момент будет равен $M=131...197 \text{ Нм}$. Расчет по зависимости (1) показал значение температуры $\Theta_F=109,5...164,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Полученные величины меньше предельной температуры $\Theta_L=250 \text{ }^\circ\text{C}$, поэтому переходим к моделированию температурных полей. На рисунке 4 приведены результаты 3D-моделирования и расчета температурных полей методом конечных элементов.



а) 3D-модель карданного шарнира



б) сетка конечных элементов



в) карта температурных полей

Рис. 4. Результаты моделирования температурных полей карданного шарнира привода жатки CERIO 770

Изменяя величину температуры Θ_F для конечно-элементной модели получено значение коэффициент пропорциональности конечно-элементной модели $k=0,28$ (рис. 5). С учетом полученного коэффициента, и $\Theta_F=109,5\dots164,7$ °C величина диагностической температуры, определенная теоретически, составит $\Theta_D=30,7\dots46,1$ °C, в среднем – 38,4 °C.

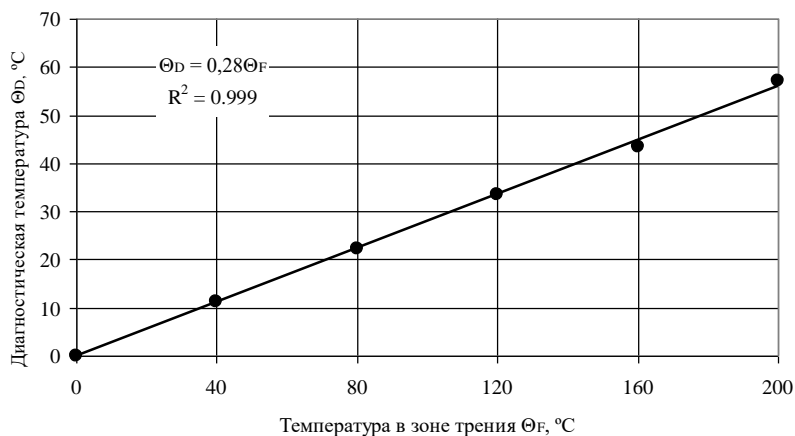


Рис. 5. Зависимость диагностической температуры от температуры элементарного тепловыделяющего соединения в зоне трения

Далее необходимо определить диагностическую температуру Θ'_D , коэффициент влияния радиального зазора μ . В ходе эксплуатационных наблюдений контролировалась температура карданного шарнира Θ'_D (рис. 6), наработка, суммарный радиальный зазор Δ (рис. 7) а также величины температуры окружающего воздуха Θ_0 .



Рис. 6. Измерение диагностической температуры инфракрасным пирометром



Рис. 7. Измерение суммарного окружного радиального зазора

Результаты наблюдения диагностической температуры Θ'_D представлены на рисунке 8. Очевидно, что полученные данные плохо аппроксимируются ($R^2=0,2584$), в таком виде их использовать для исследований нельзя. Среднее значение диагностической температуры $34,7^\circ\text{C}$, что сопоставимо с результатом теоретического расчета. Корректировка результатов с учетом

температуры окружающей среды, как при стендовых испытаниях, показала динамику снижения температуры, что противоречит ранее полученным результатам – температура повышается с увеличением зазора в подшипниковых узлах.

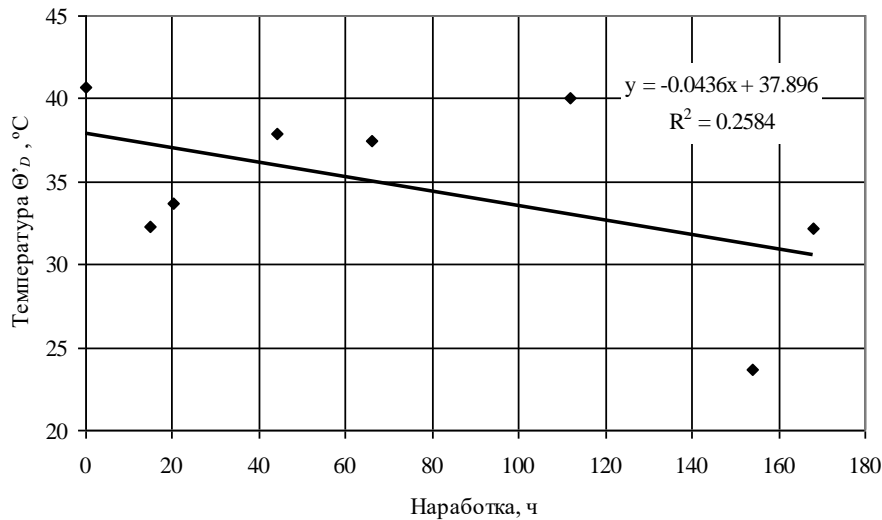


Рис. 8. Результаты измерения температуры подшипниковых узлов карданного шарнира привода жатки CERIO 770

Для разрешения указанного противоречия предлагается учесть влияние солнечной радиации на величину диагностической температуры $\Theta'D$. Для этого составим уравнение теплового баланса:

$$Q_R = Q_{охл} = Q_{conv} + Q_{rad}, \quad (2)$$

где Q_R – энергия от солнечной радиации, Вт; $Q_{охл}$ – тепловая энергия, отданная в окружающую среду, Вт; Q_{conv} – энергия, передаваемая посредством конвекции, Вт; Q_{rad} – энергия, передаваемая посредством излучения, Вт.

Количество теплоты, полученное от солнечной радиации определяется по следующей зависимости [19]:

$$Q_R = Q_R^{max} S \left(\sin \varphi_N \sin \left(\delta_0 \sin \left(360^\circ \frac{284+n}{365} \right) \right) \right) + \cos \varphi_N \cos \left(\delta_0 \sin \left(360^\circ \frac{284+n}{365} \right) \right), \quad (3)$$

где S – площадь поверхности карданного шарнира, м²; φ_N – географическая широта местности, град; δ_0 – постоянная солнечного склонения (для северного полушария 23,45°), град; n – порядковый номер дня года, начиная с 1 января.

Энергия, передаваемая посредством конвекции и посредством излучения определяется по следующим зависимостям [20]:

$$Q_{conv} = h_c S (\Theta_R - \Theta_0), \quad (4)$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \sigma S (\Theta_R^4 - \Theta_0^4), \quad (5)$$

где h_c – коэффициент конвективной теплопередачи, Вт/м² °C; Θ_R – температура нагрева от солнечной радиации, °C; ε – постоянная излучения объекта; σ – постоянная Стефана-Больцмана ($\sigma=5,67 \times 10^{-8}$), Вт/м² °C⁴.

Преобразовав уравнения 2, 4, 5, получим зависимость для определения температуры нагрева от солнечной радиации:

$$\Theta_R^4 \varepsilon \sigma + \Theta_R h_c - \Theta_0^4 \varepsilon \sigma - \Theta_0 h_c - Q_R = 0. \quad (6)$$

Для удобства решения полученного уравнения четвертой степени по каждой точке информации используем измеренные значения температуры окружающей среды Θ_0 , дат проведения измерений, географической широты местности $\varphi_N=50,2^\circ$ с.ш. Коэффициент конвективной теплопередачи $h_c=5$ Вт/м² °C, постоянная излучения объекта для стальной

окрашенной поверхности $\varepsilon=0,8$. Расчеты уравнения (6) в среде MS Excel показали, что из четырех корней уравнения действительными числами являются только два, причем один корень – отрицательное число, а другой – положительное, его и принимаем, как имеющее физический смысл. Скорректированное значение диагностической температуры Θ'_D определяем как разность $\Theta'_D - \Theta_R$. Результаты расчета температуры Θ'_D от наработки карданного шарнира приведены на рисунке 9.

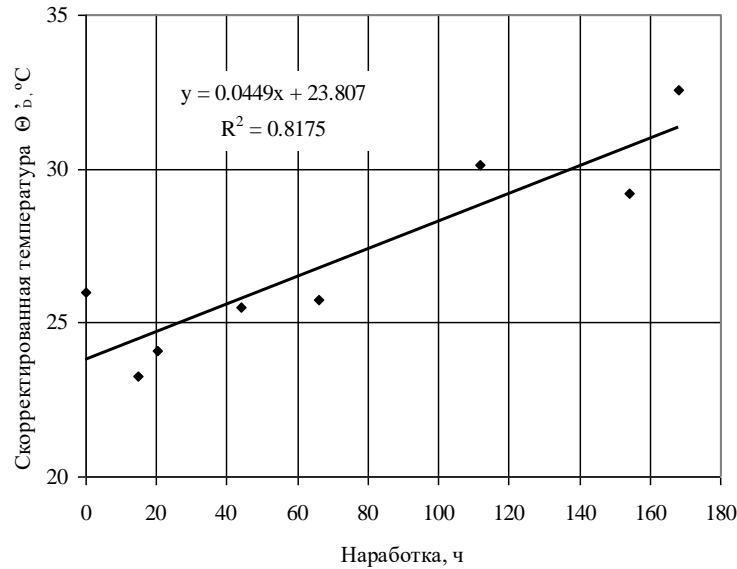


Рис. 9. Скорректированная зависимость температуры Θ'_D от наработки карданного шарнира

Полученные результаты показывают, что произведенный учет влияния солнечной радиации на результаты измерения температуры позволил с более высокой степенью достоверности выявить зависимость диагностической температуры от наработки.

Для получения коэффициента μ , учитывающего влияние увеличения окружного зазора на температуру, произведено сопоставление данных скорректированной температуры Θ'_D и результатов измерения окружного зазора Δ . На рисунке 10 представлена полученная зависимость, а результат ее аппроксимации позволил определить значение коэффициента $\mu=1,84$, то есть увеличение зазора на 1 мкм приводит к повышению температуры на 1,84°C.

Для практического применения технологии термометрического контроля необходимо получить зависимость температуры в зоне трения Θ_F от рассмотренных выше факторов. Сравнение температуры Θ_F с предельно допустимой температурой $\Theta_L=250^\circ\text{C}$ позволит оценить уровень тепловыделения, и, таким образом, обеспечить применение технологии термометрического контроля. Требуемая зависимость определяется на основе уравнений (2), (6) и эмпирических коэффициентов μ и k , а также количества теплоты, полученного от солнечной радиации Q_R . Существенные затруднения вызывает преобразование уравнения четвертой степени (6), однако ввиду крайне малого значения коэффициента $\sigma=5,67 \times 10^{-8} \text{ Вт/м}^2\text{C}^4$ на практике им можно пренебречь, тогда необходимая зависимость выглядит следующим образом:

$$\Theta_F = \frac{h_c(\Theta'_D - \Theta_0 - \mu\Delta) - Q_R}{h_c k} < \Theta_L. \quad (7)$$

Для использования полученной зависимости необходимо использовать величины измеренной диагностической температуры Θ'_D , температуры окружающей среды Θ_0 и количество теплоты от солнечной радиации Q_R .

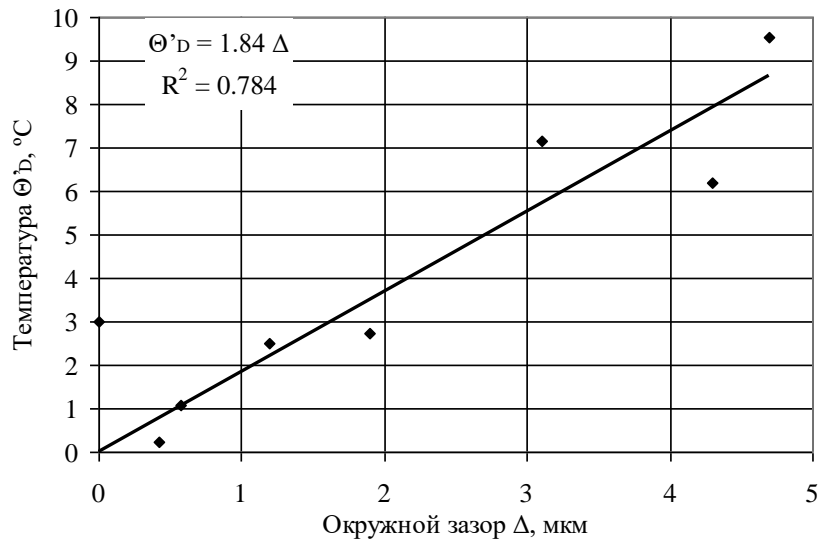


Рис. 10. Зависимость диагностической температуры от окружного зазора

Выводы. Обобщая приведенные результаты необходимо отметить следующее.

1. Примененный системный подход позволил реализовать и обосновать технологию термометрического контроля (диагностики) для диагностирования подшипниковых узлов карданного шарнира. Обоснование произведено на основе разработки математической модели, конечно-элементного анализа и эксплуатационных испытаний.

2. Адекватность математической модели и применимость результатов подтверждена сопоставлением результатов $\Theta_D \approx \Theta'_D$; $38,4 \text{ }^\circ\text{C} \approx 34,7 \text{ }^\circ\text{C}$, по результатам эксплуатационных испытаний.

3. Определены значения коэффициента пропорциональности конечно-элементной модели $k=0,28$ и коэффициента, учитывающего влияние увеличения окружного зазора $\mu=1,84$.

4. Результаты стендовых испытаний показали существенное влияние солнечной радиации на измеряемую величину диагностической температуры. На основе уравнения теплового баланса получена зависимость для практического применения метода термометрической диагностики.

5. Перспективным направлением дальнейших исследований может являться изучение влияния скорости ветра на результаты термометрического контроля.

Библиография

1. Ерохин М.Н., Пастухов А.Г. Надежность карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники в эксплуатации: монография. Белгород, : Изд-во БелГСХА, 2008. 160 с.
2. Пастухов А.Г. Повышение надежности карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники: дисс. ... докт. техн. наук 05.20.03 / Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2008. 487 с.
3. Пастухов А.Г. Повышение надежности агрегатов механических трансмиссий сельскохозяйственной техники (на примере карданных передач) // Труды ГОСНИТИ. 2008. Т. 101. С. 60-63.
4. Пастухов А.Г. Повышение долговечности карданных шарниров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 4. С. 24-25.
5. Пастухов А.Г. Обеспечение эффективной эксплуатации грузовых автомобилей путем повышения надежности карданных передач // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2010. № 1 (22). С. 13-19.
6. Тимашов Е.П. Совершенствование процессов диагностики узлов трансмиссии автомобилей: монография. Белгород : АНО ВО Белгородский университет кооперации, экономики и права, 2018, 182 с.
7. Тимашов Е.П. Технические инновации сферы автомобильного сервиса: монография. Белгород: АНО ВО Белгородский университет кооперации, экономики и права, 2013. 103 с.
8. Pastukhov A.G., Timashov E.P. Method of diagnostics of cardan joints transport and technological machines // Tractors and power machines. 2013. Т. 18. № 2. С. 29-35.
9. Ильин П.А. Моделирование технического состояния подшипников дисковых борон по тепловому излучению // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 42. С. 340-346.

10. ГОСТ Р ИСО 18434-1-2013 «Контроль состояния и диагностика машин. Термография». М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014, 22 с.
11. Pastukhov A.G., Timashov E.P., Parnikova T. Monitoring of reliability of agricultural machinery on the basis of methods of thermodiagnosics of drive lines // Tractors and power machines. 2017. Vol. 22. № 1-2. С. 31-38.
12. Pastukhov A.G., Timashov E.P. Analytical model of temperature condition elementary interface of the cardan joint // Tractors and power machines. 2018. Vol. 23. № 1-2. Pp. 43-50.
13. Pastukhov A.G., Timashov E.P., Parnikova T. System approach to assessment of thermal stress of units of transmissions // Applied Engineering Letters. 2017. Vol. 2. № 2. Pp. 65-68.
14. Методика ускоренных испытаний карданных передач сельскохозяйственных машин. Руководящий технический материал РТМ 23.2.74-79. М.: ВИСХОМ, 1980. 40 с.
15. Тимашов Е.П. Моделирование температурного режима подшипникового узла карданного шарнира // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 2 (22). С. 87-100.
16. Электронный каталог деталей Walterscheid. [Электронный ресурс] Режим доступа: URL:<https://www.walterscheid-coupler.de/catalogues> (дата обращения 15.03.2020).
17. Протокол № 07-25-2018 периодических испытаний комбайна зерноуборочного TUCANO 550, Новокубанск, 2018. 75 с.
18. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1994. 751 с.
19. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1968. 185 с.
20. Теплообмен (Справочник). Лыков А.В. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1978. 480 с.

References

1. Yerokhin M. N., Pastukhov A. G. Nadezhnost` kardanny`x peredach transmissij sel`skoxozyajstvennoj texniki v e`kspluatácii : monografiya. [Reliability of cardan transmissions of agricultural machinery in operation: monograph]. Belgorod.: BelSHA Publishing house, 2008. 160 p.
2. Pastukhov A. G. Povy`shenie nadezhnosti kardanny`x peredach transmissij sel`skoxozyajstvennoj texniki: diss. ... dokt. texn. nauk 05.20.03 [Increase of reliability of cardan transmissions of agricultural machinery: Diss. ... Doct. Techn.] 05.20.03 / Moscow state Agroengineering University. V. P. Goryachkin. Moscow, 2008. 487 p.
3. Pastukhov A. G. Povy`shenie nadezhnosti agregatov mexanicheskix transmissij sel`skoxozyajstvennoj texniki (na primere kardanny`x peredach) [Increase of reliability of units of mechanical transmissions of agricultural machinery (on the example of gimbals)]. *Trudy` GOSNITI*, 2008; 101: Pp. 60-63.
4. Pastukhov A. G. Povy`shenie dolgovechnosti kardanny`x sharnirov [Increase of durability of cardan joints]. *Mexanizaciya i e`lektrifikaciya sel`skogo xozyajstva*, 2007; 4: Pp. 24-25.
5. Pastukhov A. G. Obespechenie e`ffektivnoj e`kspluatácii gruzovy`x avtomobilej putem povy`sheniya nadezhnosti kardanny`x peredach [Ensuring efficient operation of trucks by improving the reliability of gimbal transmission]. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010; 1 (22): Pp. 13-19.
6. Timashov E. P. Sovershenstvovanie processov diagnostiki uzlov transmissii avtomobilej : monografiya. [Improvement of diagnostic processes of car transmission units: monograph]. Belgorod: ANO Belgorod University of cooperation, Economics and law, 2018, 182 p.
7. Timashov E. P. Texnicheskie innovacii sfery` avtomobil`nogo servisa: monografiya. [Technical innovations in the field of automotive service: monograph. Belgorod]. Belgorod: ANO Belgorod University of cooperation, Economics and law, 2013, 103 p.
8. Pastukhov A.G., Timashov E.P. Method of diagnostics of cardan joints transport and technological machines // Tractors and power machines. 2013. T. 18. № 2. Pp. 29-35.
9. П'ин П.А. Modelirovanie texnicheskogo sostoyaniya podshipnikov diskovy`x boron po teplovomu izlucheniyu [Modeling of the technical condition of disk harrow bearings by thermal radiation] // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016. 42: Pp. 340-346.
10. ГОСТ Р ИСО 18434-1-2013 «Контроль` sostoyaniya i diagnostika mashin. Termografiya» [Monitoring the condition and diagnostics of machines. Thermography]. М.: FGUP «Стандартинформ», 2014, 22 p.
11. Pastukhov A.G., Timashov E.P., Parnikova T. Monitoring of reliability of agricultural machinery on the basis of methods of thermodiagnosics of drive lines // Tractors and power machines. 2017. Vol. 22. № 1-2. Pp. 31-38.
12. Pastukhov A.G., Timashov E.P. Analytical model of temperature condition elementary interface of the cardan joint // Tractors and power machines. 2018. Vol. 23. № 1-2. Pp. 43-50.
13. Pastukhov A.G., Timashov E.P., Parnikova T. System approach to assessment of thermal stress of units of transmissions // Applied Engineering Letters. 2017. Vol. 2. № 2. Pp. 65-68.
14. Metodika uskorenny`x ispy`tanij kardanny`x peredach sel`skoxozyajstvenny`x mashin. Rukovodyashhij texnicheskij material РТМ 23.2.74-79. [The method of accelerated tests cardan gear machines. The governing technical material РТМ 23.2.74-79.]. Moscow: VISKHOM, 1980, 40 p.
15. Timashov E.P. Modelirovanie temperaturnogo rezhima podshipnikovogo uzla kardannogo sharnira [Simulation of the temperature regime of a gimbal bearing Assembly] // *Innovacii v APK: problemy` i perspektivy`*. 2019. 2 (22). 87-100.

16. Walterscheid electronic parts catalog. [Electronic resource] Access mode: URL: <https://www.walterscheid-coupler.de/catalogues> ((accessed 15.03.2020).
17. Protokol № 07-25-2018 periodicheskix ispy`tanij kombajna zernouborochnogo TUCANO 550 [Protocol No. 07-25-2018 of periodic testing of the TUCANO 550 combine harvester], Novokubansk, 2018. 75 p.
18. Klenin N.I., Sakun V.A. Sel`skoxozyajstvenny`e i meliorativny`e mashiny` [Agricultural and reclamation machines]. M.: Kolos, 1994. 751 p.
19. Sivkov S.I. Metody` rascheta xarakteristik solnečnoj radiacii [Methods for calculating solar radiation characteristics]. L.: Gidrometeorologicheskoe izdatel`stvo, 1968. 185 p.
20. Teplomassoobmen (Spravochnik) [Heat And Mass Transfer (Reference)]. Ly`kov A.V. 2-e izd., pererab. I dopyu. M.: E`nergiya, 1978. 480 p.

Сведения об авторах

Тимашов Евгений Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры гостинично-туристического сервиса, коммерции и рекламы, АНО ВО БУКЭП, ул. Садовая, д. 116а, г. Белгород, Россия, 308023, тел. +7-4722-313091, e-mail: timachov@mail.ru

Тимашов Александр Петрович, инженер-механик, ООО «Агро-Инвест», с. Двулучное, Валуйский район, Белгородская область, 309975, тел. +7-905-6757473, e-mail: wizard@mail.ru

Миненко Александр Александрович, техник-механик, ООО «ВалуйкиДорСтрой», с. Двулучное, Валуйский район, Белгородская область, 309975, тел. +7-961-1646414, e-mail: wizard@mail.ru

Information about authors

Timashov Evgeny Petrovich, candidate of technical Sciences, associate Professor of hotel and tourism service, Commerce and advertising Department, Autonomous non-profit organization of higher education «Belgorod University of cooperation, Economics and law», Sadovaya street, 116a, Belgorod, Russia, 308023, tel. +7-4722-31-30-91, e-mail: timachov@mail.ru

Timashov Aleksandr Petrovich, mechanical engineer, Limited Liability Company «Agro-Invest», Dvuluchnoye village, Valuysky district, Belgorod region, 309975, tel. +79056757473, e-mail: wizard@mail.ru

Minenko Aleksandr Aleksandrovich, mechanical engineer, Limited Liability Company «ValuikiDorStroy», Dvuluchnoye village, Valuysky district, Belgorod region, 309975, tel. +79611646414, e-mail: wizard@mail.ru

УДК 637.116

В.Ф. Ужик, С.И. Некипелов, О.В. Китаёва, Ю.А. Китаёв

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ДОЕНИЯ КОРОВ И ОЦЕНКА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

Аннотация. Разработанный мобильный агрегат содержит датчик потока молока и управляемый им вертикально установленный на шасси пневмоцилиндр для снятия доильного аппарата. Исследованиями установлено, что для конструктивных параметров агрегата: $s_1=0,1$ м - расстояние от платформы до поршня, при крайнем нижнем его положении; $s_2=0,1$ м - отклонение по высоте фиксатора относительно поршня, при крайнем верхнем его положении; $s_3=0,1$ м - отклонение по высоте положения точки крепления троса к доильному аппарату относительно платформы тележки доильного агрегата; $k=1,2$ - коэффициент удлинения троса; ход поршня пневмоцилиндра составляет $1,04$ м, $F_d=54$ Н - вес электродвигателя; $F_v=38$ Н - вес вакуумной аппаратуры; $F_a=250$ Н - вес платформы агрегата; $F_c=30$ Н - вес пневмоцилиндра; $F_{dv}=50$ Н - вес доильного ведра; $F_z=10$ Н - вес поворотного рычага; $x_1=0,3$ м - координата центра тяжести электродвигателя; $x_2=0,15$ м - координата центра тяжести вакуумной аппаратуры; $x_3=0,4$ м - координата центра тяжести платформы агрегата; $x_4=0,3$ м - координата центра тяжести пневмоцилиндра; $x_5=0,4$ м - координата центра тяжести доильного ведра; $l_z=0,1$ м - длина поворотного рычага; расстояние от первой опоры до линии опор А и В должно быть не менее $0,422$ м, а расстояние между опорами А и В - не менее $0,262$ м. Для управляемого снятия доильного аппарата с предупреждением его контакта с полом стойла коровы в нижней точке его траектории движения при диаметре пневмоцилиндра $0,06$ м вакуумметрическое давление должно быть не ниже $37,5$ кПа, а при диаметре $0,07$ м - не менее $28,0$ кПа. Для обеспечения снятия доильного аппарата с вымени животного, минимальное время движения которого по траектории, исключая его контакт с полом стойла коровы, наблюдается при его удалении $0,5$ м и составляет $0,428$ с, для достижения в указанный промежуток времени в полости пневмоцилиндра вакуумируемым объемом $0,003$ м³ вакуумметрического давления $37,5$ кПа при длине патрубка $0,01$ м его диаметр должен быть не менее $0,0022$ м, а при длине $0,03$ м - не менее $0,0038$ м. По итогам эксперимента отмечается, что в результате использования экспериментального мобильного агрегата для доения коров в сравнении с доильным агрегатом АИД-1 имеет место рост молочной продуктивности коров на $2,73\%$, сокращение затрат времени на обслуживание одного агрегата на $16,98\%$, что позволяет оператору обслуживать два агрегата, а также снижение заболеваемости вымени коров маститом на $11,11\%$.

Ключевые слова: мобильный агрегат, доение, устойчивость, опрокидывание, доильный аппарат.

DETERMINATION OF CONSTRUCTIVE MODE PARAMETERS MOBILE UNIT FOR MILKING COWS AND EVALUATION HIS EFFICIENCY

Abstract. The developed mobile unit contains a milk flow sensor and a pneumatic cylinder controlled by it vertically mounted on the chassis to remove the milking machine. Studies have established that for the design parameters of the unit: $s_1 = 0.1$ m is the distance from the platform to the piston, with its lowest position; $s_2 = 0.1$ m - deviation in height of the retainer relative to the piston, with its extreme upper position; $s_3 = 0.1$ m - the deviation in height of the position of the point of attachment of the cable to the milking machine relative to the platform of the cart of the milking unit; $k = 1,2$ - coefficient of elongation of the cable; the piston stroke of the pneumatic cylinder is 1.04 m, $F_d = 54$ N - the weight of the electric motor; $F_v = 38$ N - weight of the vacuum equipment; $F_a = 250$ N - weight of the unit platform; $F_c = 30$ N - weight of the pneumatic cylinder; $F_{dv} = 50$ N - the weight of the milking bucket; $F_z = 10$ N - weight of the pivot arm; $x_1 = 0.3$ m - coordinate of the center of gravity of the electric motor; $x_2 = 0.15$ m - coordinate of the center of gravity of the vacuum equipment; $x_3 = 0.4$ m is the coordinate of the center of gravity of the unit platform; $x_4 = 0.3$ m - the coordinate of the center of gravity of the pneumatic cylinder; $x_5 = 0.4$ m - the coordinate of the center of gravity of the milking bucket; $l_z = 0.1$ m - the length of the swing arm; the distance from the first support to the line of supports A and B should be at least 0.422 m, and the distance between the supports A and B should be at least 0.262 m. For controlled removal of the milking machine with a warning of its contact with the cow stall floor at the lower point of its trajectory when the diameter of the pneumatic cylinder of 0.06 m, the vacuum pressure should not be lower than 37.5 kPa, and with a diameter of 0.07 m - not less than 28.0 kPa. To ensure removal of the milking machine from the udder of the animal, the minimum travel time of which along the path excluding its contact with the cow stall floor is observed when it is removed 0.5 m and is 0.428 s, to achieve a vacuum volume in the specified period of time in the cavity of the pneumatic cylinder 0.003 m³ of vacuum-metric pressure of 37.5 kPa with a pipe length of 0.01 m, its diameter should be at least 0.0022 m, and with a length of 0.03 m - at least 0.0038 m. According to the results of the experiment, it is noted that as a result of the use of an experimental mobile unit for milking cows in comparison with the AID-1 milking unit, there is an increase in milk productivity of cows by 2.73% , a reduction in the time spent on servicing one unit by 16.98% , which allows the operator to service two units, as well as a decrease in the incidence of udder of cows with mastitis by 11.11% .

Keywords: mobile unit, milking, stability, tilting, milking machine.

Введение. Современное промышленное производство молока базируется на использовании специализированных помещений [1-3], оборудованных высокопроизводительными доильными установками с различными способами фиксации коров на период доения типа «Елочка», «Карусель» и др., снабженных элементами автоматики контроля и управления процессом доения. Но следует заметить, что как для доильного оборудования промышленных производств, роботизированных установок, так и более мелких производств, с применением линейных доильных машин, в качестве фактора, оказывающего влияние на формирование режима доения коровы, выбран один параметр – интенсивность потока молока, выводимого из вымени коровы, реже – из отдельно взятой доли [4]. Как результат - варьирование вакуумметрического давления доения, частоты, а также соотношения тактов пульсаций пульсатора, хотя, как показывает практика, не во всех современных доильных установках регулируются перечисленные параметры в полном объеме.

Однако нельзя не обратить внимание еще на одно направление развития молочного скотоводства – мелкотоварное производство. Оно предусматривает доение небольших групп коров. Применение в таком случае доильных установок весьма ограничено. И зачастую для этого используются мобильные агрегаты для индивидуального доения одной, реже двух коров. Рассчитаны они на обслуживание стада до 10 голов. Как правило, в таких агрегатах применяются однорежимные доильные аппараты. Также следует заметить, что вследствие отсутствия каких-либо элементов автоматики управления технологическим процессом, оператор затрачивает на доение одной коровы не менее пяти минут, субъективно оценивая интенсивность потока молока, при котором доильный аппарат снимается с вымени коровы. В то время как при доении на доильной установке «Карусель» - не более 7...9 с [5].

Созданием доильных машин, способных обеспечить повышение производительности труда оператора машинного доения, безопасный для вымени коровы режим извлечения молока, наряду с полным его опорожнением, занимались Андрианов Е.А., Винников И.К., Карташов Л.П., Краснов И.Н., Кирсанов В.В., Огородников П.И., Соловьев С.А., Ужик В.Ф., Ульянов В.М., Цой Ю.А., и др. Однако, как свидетельствует анализ направлений и результатов исследований вышеперечисленных и др. авторов, не в полной мере изучена возможность применения такого режима доения в оборудовании для доения малочисленных групп коров в условиях фермерских хозяйств. В частности, недостаточно исследована возможность применения последних достижений в области управляемого режима доения в мобильных агрегатах для доения коров. В этой связи требуются дополнительные исследования. Весьма важным для данного типа доильного оборудования является разработка элементов его конструкции, позволяющих уменьшить затраты ручного труда на обслуживание коровы в процессе доения, в частности на снятие доильного аппарата с вымени, повысить степень выдоенности коровы и снизить заболеваемость молочной железы маститом.

Цель исследований. Снижение затрат труда оператора машинного доения, повышение степени выдоенности коровы и снижение заболеваемости вымени животного маститом на основе разработки и обоснования параметров шасси доильной установки и пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата для доения коров.

Достижение цели исследований требует решения следующих задач:

- выявить перспективные направления в создании мобильных агрегатов для доения коров в фермерских хозяйствах;
- выполнить математическое моделирование движения доильного аппарата в процессе снятия с вымени, функционирования шасси доильной установки и пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата;
- обосновать конструктивные параметры шасси доильной установки и конструктивно-режимные параметры пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы;
- изучить влияние разработанного мобильного агрегата для доения коров на снижение затрат труда, оценить его эффективность.

Материал, методология и методы исследований. Стремление максимально приблизить характер воздействия технического устройства на соски вымени коровы к естественному

процессу сосания коровы теленком повлекло за собой необходимость применения элементов автоматики, контролирующей поток молока и осуществляющих управление режимом воздействия на соски вымени. Управляемые параметры – вакуумметрическое давление доения в камерах доильных стаканов, частота и соотношение тактов пульсаций пульсатора, а также момент снижения вакуумметрического давления по завершению доения или отключения и снятия доильного аппарата с вымени коровы. Но следует заметить, что вне зависимости от конструкции, используемые доильные аппараты оказывают достаточно «жесткое» воздействие на соски вымени. По данным исследований в процессе сосания коровы в полости рта месячного теленка вакуумметрическое давление не превышает 30,0 кПа, а у теленка в возрасте 2-3 дня и вовсе составляет 8,0 кПа, в то время как вакуумметрическое давление в доильных аппаратах не опускается ниже 33,0 кПа [1-3]. В номинальном режиме доения в большинстве доильных аппаратов вакуумметрическое давление колеблется в интервале 42,0...48,0 кПа. Это связано, прежде всего, с необходимостью быстрого извлечения молока в период действия окситоцина.

Нами обрабатывались методы защиты вымени коровы от вредного воздействия высокого вакуума при доении в бидон, а также при сборе молока в молокопровод [6-10]. Используя этот опыт, а также на основе системного синтеза имеющейся информации об управляемых режимах доения коров, известных технических решениях конструкций исполнительных узлов и механизмов доильных машин, нами сформирован алгоритм технологического процесса доения коров, а также предполагаемую блок-схему, которые мы использовали при разработке конструктивно-технологической схемы мобильного агрегата для доения коров, обладающего возможностью снижения затрат ручного труда оператора машинного доения, повышения степени выдоенности и безвредного воздействия на молочную железу за счет своевременного снятия с вымени коровы доильного аппарата по завершению доения вертикально установленным на шасси агрегата пневмоцилиндром под управлением датчика потока молока. Ее новизна подтверждена патентами на изобретение [11-14].

Нами выполнено математическое моделирование движения доильного аппарата в процессе снятия с вымени, рабочего процесса шасси и пневмоцилиндра снятия доильного аппарата мобильного агрегата для доения коров. При этом использованы известные законы физики, теоретической механики, гидравлики и математики.

Используя полученные математические зависимости, для условия, что варьирование массы доильного аппарата – 3...4 кг; расстояние от платформы шасси агрегата до поршня пневмоцилиндра, при крайнем нижнем его положении - 0,1 м; отклонение по высоте хвостовика пневмоцилиндра относительно поршня, при крайнем верхнем его положении - 0,1 м; отклонение по высоте положения точки крепления троса к доильному аппарату относительно платформы тележки доильного агрегата - 0,1 м; коэффициент удлинения троса - 1,2, при расстоянии от точки крепления троса к доильному аппарату до положения хвостовика в горизонтальной плоскости - 1,50 м; вес электродвигателя - 54 Н; вакуумной аппаратуры - 38 Н; платформы агрегата - 250 Н; пневмоцилиндра - 30 Н; доильного ведра - 50 Н; поворотного рычага - 10 Н; а координата центра тяжести электродвигателя - 0,3 м; вакуумной аппаратуры - 0,15 м; платформы агрегата - 0,4 м; пневмоцилиндра - 0,3 м; доильного ведра - 0,4 м; длина поворотного рычага - 0,1 м, нами установлены основные конструктивные параметры шасси и конструктивно-режимные параметры пневмоцилиндра снятия доильного аппарата.

Установлено, что при расстоянии от точки крепления троса к доильному аппарату до положения хвостовика в горизонтальной плоскости 1,00 м – требуемый ход поршня пневмоцилиндра составляет 0,70 м, а при увеличении расстояния до 1,50 м - ход поршня возрастает до 1,04 м. При удалении доильного аппарата массой 3 кг 0,3 метра от агрегата, для его снятия с вымени коровы вакуумметрическое давление в подсосковых камерах необходимо снизить ниже 12,7 кПа, в то время как при удалении 1,5 м, достаточно снизить давление до 17,8 кПа. А вот при снятии доильного аппарата массой 4кг, вакуумметрическое давление в подсосковых камерах должно быть не выше 17,2 и 23,9 кПа соответственно. Для обеспечения устойчивого положения мобильного агрегата с коэффициентом запаса устойчивости 1,5, при увеличении массы доильного аппарата от 3 до 4 кг и расстояния от точки крепления троса к доильному

аппарату, установленного на вымя коровы, до положения хвостовика в вертикальной плоскости, от 0 до 1,5 м, расстояние от первой опоры агрегата до линии расположения колес шасси *A* и *B* необходимо увеличить с 0,36 до 0,45 м. Также следует сместить в сторону удаления от оси *x* колес *A* и *B* по оси *y* с точек $y_a=0,007\text{ м}$, $y_b=-0,007\text{ м}$ в положение $y_a=0,13\text{ м}$, $y_b=-0,13\text{ м}$. Следствием этих изменений является увеличение расстояния L_k между колесами *A* и *B* мобильного агрегата до 0,26 м при максимальном весе и максимальном удалении доильного аппарата от агрегата. Для управляемого снятия доильного аппарата массой 4 кг с молочной железы, удаленной на 1,5 м, с предупреждением его контакта с полом стойла коровы в нижней точке его траектории движения, с увеличением вакуумметрического давления от 20,0 до 37,5 кПа диаметр пневмоцилиндра можно уменьшить с 0,084 до 0,06 м. С увеличением удаления доильного аппарата от агрегата, а также увеличением длины патрубка, сообщающего полость пневмоцилиндра с источником вакуумметрического давления, диаметр отверстия патрубка растет. Так, при вакуумметрическом давлении 30,0 кПа, удалении доильного аппарата 0,75 м и длине патрубка 0,01 м минимально допустимый диаметр отверстия патрубка составляет 1,67 мм, а при увеличении удаления доильного аппарата до 1,5 м и длины патрубка до 0,1 м, требуется диаметр отверстия патрубка не менее 2,97 мм.

Эти данные мы использовали при изготовлении экспериментального образца мобильного агрегата (рисунок 1).



Рис. 1 – Общий вид экспериментального мобильного агрегата для доения коров

При проведении экспериментальных исследований применяли общеизвестные и частные методики. Экспериментальные исследования и хозяйственные испытания осуществляли с использованием как известных современных приборов, так и специально разработанных. Анализ материалов исследований осуществляли с использованием программного обеспечения известными методами статистической обработки данных.

Задача экспериментальных исследований мобильного агрегата для доения коров - проверка теоретических положений, сформированных в процессе изучения протекающих рабочих процессов; определение ряда физических величин; уточнение или определение конструктивных и режимных параметров его технических составляющих.

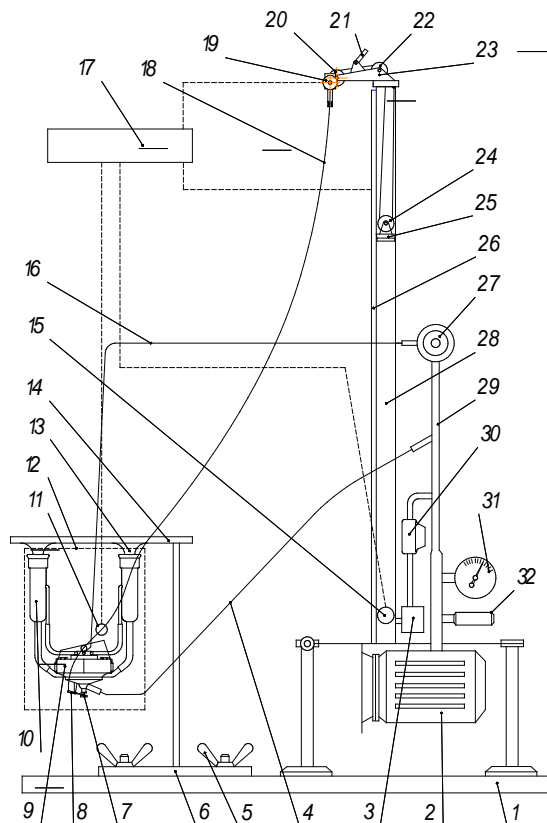
Программа экспериментальных исследований включает:

- проверка теоретических положений изменения силы натяжения троса по мере движения доильного аппарата по траектории, определяемой пневмоцилиндром, а также расстоянием от агрегата до точки подвеса доильного аппарата на вымени коровы;

- проверка теоретических положений, характеризующих положение центра тяжести агрегата;
- проверка теоретических положений, характеризующих положение опор агрегата, при которых обеспечивается заданная устойчивость агрегата от опрокидывания;
- проверка теоретических положений взаимосвязи удаления доильного аппарата от агрегата, направления действия опрокидывающего момента и коэффициента устойчивости мобильного агрегата от опрокидывания;
- проверка теоретических положений зависимости усилия, развиваемого пневмоцилиндром от его диаметра и подаваемого вакуумметрического давления;
- проверка теоретических положений зависимости времени достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра от диаметра и длины патрубка, сообщающего его полость с источником вакуумметрического давления.

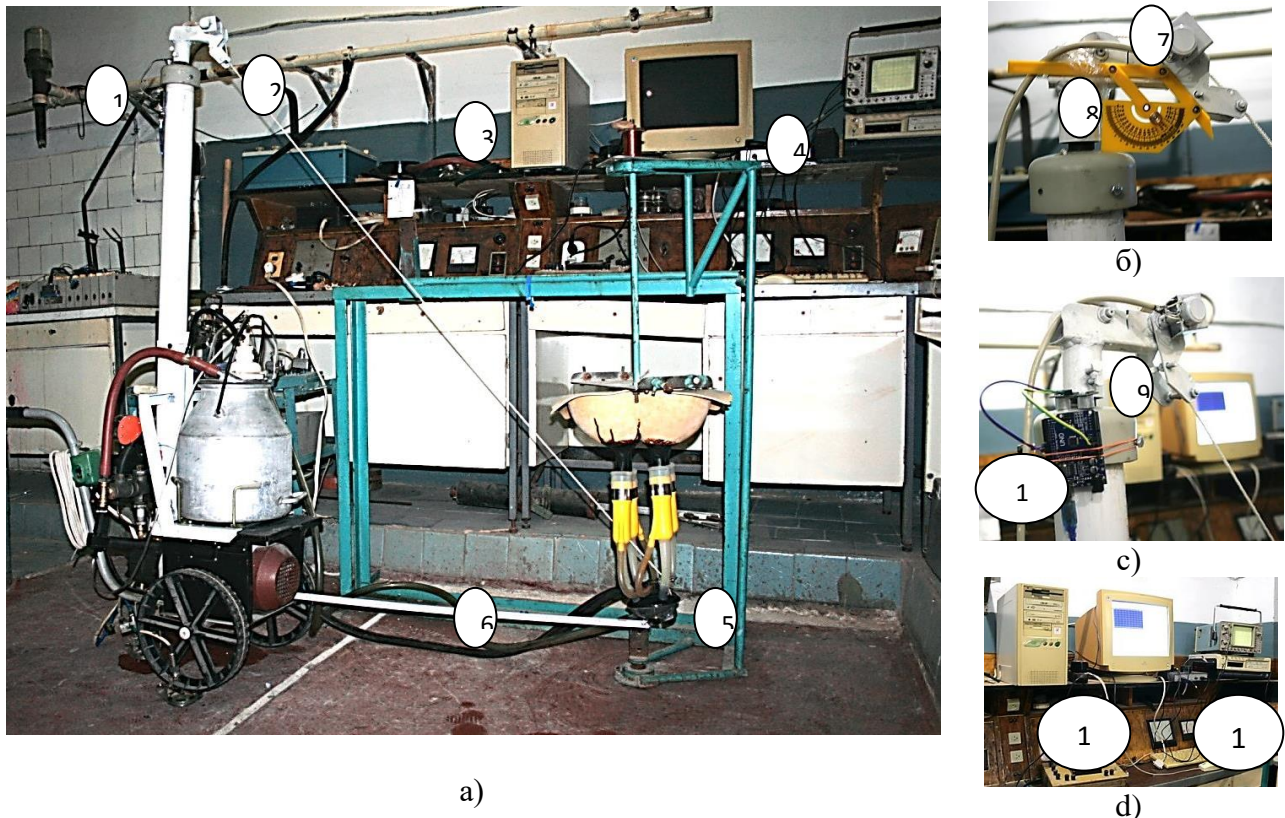
Как предписано программой исследований, пользуясь описанием разработанного мобильного агрегата для доения коров, нами были подготовлены его отдельные узлы, теоретическими исследованиями рабочих процессов которых мы занимались при обосновании их конструктивно-режимных параметров. Для исследований использовали оригинальные и типовые методы и оборудование, базирующееся на тензометрировании исследуемых механизмов [15]. Измерения проводили с трехкратной повторностью. Обработку и анализ материалов исследований осуществляли методами вариационной статистики, корреляционного и регрессионного анализа с использованием программного обеспечения [16-19].

Для установления закономерности изменения силы натяжения троса пневмоцилиндра по мере движения доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории, нами был разработан тензометрический стенд (пат. РФ № 2683478), позволяющий одновременно регистрировать изучаемый параметр, текущий угол положения доильного аппарата на траектории его движения и перемещение поршня пневмоцилиндра снятия доильного аппарата (рисунок 2), (рисунок 3) [20].



1 - остов; 2 - вакуумный насос; 3 - двухходовой электроventиль; 4 - молокопроводный шланг; 5 - хвостовик; 6 - ползун; 7 - клапан; 8 - рычаг; 9 - коллектор; 10 - доильный стакан; 11 - силоизмерительный датчик; 12 - доильный аппарат; 13 - искусственный сосок; 14 - платформа; 15 - датчик давления; 16 - патрубок; 17 - компьютер; 18 - трос; 19, 23 - датчик; 20, 22, 24 - обводной ролик; 21 - рычаг; 25 - поршень; 26 - линейка; 27 - пульсатор; 28 - пневмоцилиндр; 29 - патрубок; 30 - ventиль; 31 - вакуумметр; 32 - вакуумрегулятор.

Рис. 2 - Схема стенда для измерения силы натяжения троса пневмоцилиндра при движении доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории



а) - общий вид; в) - калибровка датчика угла отклонения троса; с) - датчик перемещения поршня пневмоцилиндра; д) - Приборы регистрации результатов измерений.

1 – датчик положения поршня в пневмоцилиндре; 2 – датчик угла отклонения троса от вертикали; 3 - компьютер; 4 - осциллограф РС-500А; 5 – датчик усилия, развиваемого в тросе; 6 – мерная линейка; 7 - резистор R-24N1-A100K,L-15KC для регистрации угла отклонения от вертикали троса; 8 - угломер-транспортер KWB 0658-00; 9 - ультразвуковой датчик расстояния HC-SR04; 10 - контроллера Arduino UNO R3; 11 – компьютер; 12 – осциллограф.

Рис. 3. Стенд для измерения силы натяжения троса пневмоцилиндра при движении доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории

Начинали исследования с калибровки силоизмерительного датчика 11 (рисунок 2) натяжения троса. Для этого датчик 11 нагружали эталонными гирями, изменяя нагрузку в интервале от 0 до 6,0 кг с шагом 0,2 кг. При этом использовали гири класса E₁.

Для калибровки датчика 19, в качестве которого используется переменный резистор R-24N1-A100K,L-15KC, и предназначенного для регистрации угла отклонения от вертикали троса 18 в процессе исследования траектории движения доильного аппарата 12, использовали угломер-транспортер KWB 0658-00 с интервалом измерений угла $0...180^0 \pm 10'$. Для этого трос 18 отклоняли от вертикали, воздействуя на пластину, установленную на оси резистора, тем самым проворачивая его ротор. При этом угол отклонения контролировали угломером-транспортером KWB 0658-00. Трос отклоняли на угол от 0 до 90^0 . Регистрацию сигнала, поступающего от датчика 19, осуществляли через каждые $5^0 \pm 10'$.

В качестве датчика 23 положения поршня 25 в пневмоцилиндре 28 использовали датчик расстояния ультразвуковой HC-SR04 подключаемый к контроллеру Arduino UNO R3, настраиваемый на аналоговый выход сигнала. Контроллер подключали к компьютеру 17, предварительно установив программу управления контроллером и затем скетч согласования контроллера Arduino UNO R3 и датчика HC-SR04. Для калибровки датчика 23 включали компьютер 17, подключали контроллер Arduino UNO R3, запускали программу управления контроллером и вгружали скетч согласования контроллера Arduino UNO R3 и датчика HC-SR04. В компьютере фиксировали начальное показание. Поршень 25 перемещали в пневмоцилиндре на расстояние в пределах $0...1,0$ м с шагом 0,1 м, контролируя перемещение мерной линейкой 26 с точностью $\pm 0,001$ м, фиксируя показания в компьютере 17 в каждой точке положения поршня 25.

Измерение и регистрацию усилия в тросе 18, при снятии доильных стаканов 10 доильного аппарата 12 с прикрепленных к платформе 14 искусственных сосков 13 пневмоцилиндром 28 (рисунок 2), осуществляли, меняя расстояние от пневмоцилиндра 28 агрегата до доильного аппарата 12. Расстояние меняли в интервале 0...1,5 м с шагом 0,3 м, контролируя перемещение ползуна 6 с платформой 14 по остову 1 мерной линейкой с точностью $\pm 0,001$ м.

Перемещая ползун 6 по остову 1 устанавливали на требуемом удалении от пневмоцилиндра 28 и фиксировали хвостовиками 5. Включали установленный на остове 1 вакуумный насос 2. Вакуумрегулятором 32, контролируя значение вакуумметрического давления вакуумметром 31, устанавливали заданное вакуумметрическое давление, например 48 кПа. Затем, изменяя проходное сечение вентиля 30, устанавливали вакуумметрическое давление, обеспечивающее заданную траекторию движения. Для этого ультразвуковым датчиком 24 HC-SR04 контролировали перемещение поршня 25 в течение времени движения доильного аппарата с точки подвеса в нижнюю точку траектории, соответствующего удалению доильного аппарата от агрегата. Посредством двухходового электро вентиля 3 пневмоцилиндр 28 сообщали с атмосферой. Вакуумметрическое давление от вакуумного насоса 2 поступало к двухходовому электро вентилю 3, по эластичному молокопроводному шлангу 4 к закрытому клапану 7 коллектора 9 доильного аппарата 12, а также по патрубку 29 в пульсатор 27, откуда уже пульсирующий вакуум по вакуумному шлангу 16 поступал к коллектору 9 и далее в межстенные камеры доильных стаканов 10. Доильный аппарат перемещали к платформе 14. При этом трос 18, обкатываясь по обводным роликам 20 и 22 рычага 21, выдвигался из пневмоцилиндра 28, одновременно, обкатываясь по обводному ролику 24, перемещая поршень 25 вверх, в исходное положение. Открывали клапан 7. В результате вакуумметрическое давление поступало в коллектор 9 доильного аппарата 12 и далее в подсосковые камеры доильных стаканов 10. Доильные стаканы 10 устанавливали на искусственные соски 13 платформы 14, тем самым зафиксировав доильный аппарат 12 в исходном положении. Включали регистратор сигнала 17.

Затем посредством двухходового электро вентиля 3 пневмоцилиндр 28 сообщали с вакуумным насосом 2. При этом поршень 25 посредством обводного ролика 24 воздействовал на трос 18, втягивая его, тем самым создавая усилие снятия и перемещения доильного аппарата 12 в вертикальной плоскости. При этом трос 18, обкатываясь по обводным роликам 20 и 22 рычага 21, натягиваясь и взаимодействуя с датчиком 19 регистрации угла отклонения от вертикали троса 18, воздействовал на рычаг 8, установленный на коллекторе 9, который противоположным концом закрывал клапан 7, тем самым отсоединяя доильный аппарат 12 от вакуумного насоса 2 и снимая его с искусственных сосков 13. Начиналось движение доильного аппарата 12 под воздействием земного притяжения и усилия, развиваемого пневмоцилиндром 28. При этом сигналы, формируемые датчиком 19 регистрации угла отклонения от вертикали троса 18, датчиком 23 положения поршня 25 в пневмоцилиндре 28, а также силоизмерительным датчиком 11 усилия, развиваемого в тросе 18, фиксировал во временном интервале компьютер 17.

Полученные данные использовали при графическом отображении, математическом описании траектории движения доильного аппарата, а также обосновании конструктивно-режимных параметров пневмоцилиндра снятия доильного аппарата. Полученные результаты подвергали математической обработке [16-19].

Для исследования положения центра тяжести мобильного агрегата для доения коров в зависимости от удаления доильного аппарата в начальный момент его движения, а также изменения угла поворота поворотного рычага пневмоцилиндра при изменении направления действия опрокидывающего момента, нами разработан стенд с использованием тензометрических силовых элементов, позволяющий осуществлять регистрацию реакций на опорах агрегата, меняющихся под воздействием варьирующей статической нагрузки на опоры агрегата (рисунок 4), (рисунок 5).

Начинали исследования с калибровки силоизмерительных датчиков 1 и 2, предназначенных для измерения и регистрации доли веса мобильного агрегата, приходящуюся на соответствующую опору (колесо).

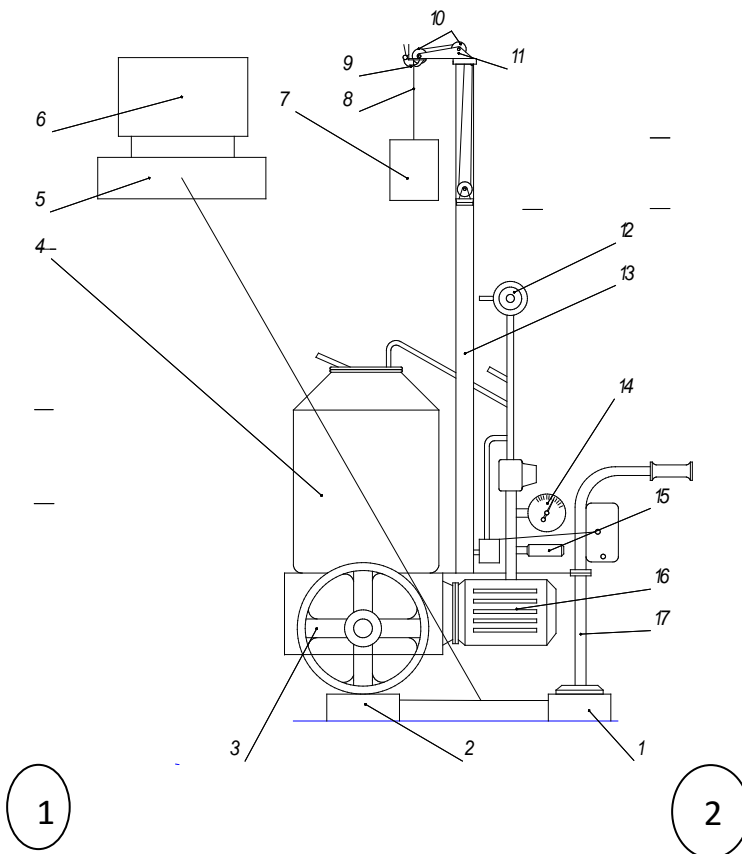


Рис. 4. Схема стенда для определения положения центра тяжести мобильного агрегата

Для этого датчики 1 и 2 поочередно нагружали эталонными гирями, изменяя нагрузку в интервале от 0 до 20,0 кг с шагом 1,0 кг. При этом использовали гири класса E_1 .

Для калибровки датчика 11, в качестве которого используется переменный резистор R-24N1-A100K,L-15KС, и предназначенного для регистрации угла поворота поворотного рычага, использовали угломер-транспортер KWB 0658-00 с интервалом измерений угла $0 - 180^0 \pm 10'$. Для этого включали осциллограф РС-500А 5 и компьютер 6 а датчик 11 подключали к источнику питания, устанавливая напряжение питания $6 \pm 0,01$ в. Начальный угол направления действия, равный 0, устанавливали относительно оси симметрии агрегата. При этом угол поворота контролировали угломером-транспортером KWB 0658-00. Поворотный рычаг поворачивали на угол от 0 до 180^0 . Регистрацию сигнала, поступающего от датчика 11, осуществляли через каждые $5^0 \pm 10'$.

Исследования по определению положения центра тяжести мобильного доильного агрегата проводили, имитируя действие на агрегат вертикальной составляющей F_y веса доильного аппарата, соответствующей заданному расстоянию от точки подвеса доильного аппарата до точки положения хвостовика 9 троса 8 на пневмоцилиндре 13 в горизонтальной плоскости. Для этого поворотный рычаг пневмоцилиндра 13 с обводными роликами 10 устанавливали вдоль оси X (вдоль оси симметрии агрегата), а вместо доильного аппарата к тросу 8 пневмоцилиндра 13 подвешивали имитатор 7 вертикальной составляющей веса доильного аппарата, в качестве которого использовали эталонные гири класса E_1 . При этом нагрузку постепенно увеличивали в интервале $0 \dots 4,0$ кг с шагом $0,5 \pm 0,0001$ кг, регистрируя в компьютере 6 посту-



Рис. 5. Стенд для определения положения центра тяжести мобильного агрегата

Рис. 5. Стенд для определения положения центра тяжести мобильного агрегата

пающие к осциллографу 5 РС-500А сигналы от силоизмерительных тензометрических датчиков 1 и 2, тем самым устанавливая реакцию F_{O1} , на опоре и F_{OA} , и F_{OB} на соответствующих колесах шасси мобильного агрегата. Затем, в процессе дальнейших исследований изменяли с шагом $20^0 \pm 10'$ в интервале $0 - 180^0 \pm 10'$ угол установки относительно оси X поворотного рычага пневмоцилиндра 13 с обводными роликами 10, фиксируя его в новом положении и контролируя угол поворота датчиком 11 угла поворота поворотного рычага, повторяли измерения реакции на колесах шасси мобильного агрегата.

Координату x_c - координату центра тяжести агрегата по оси X определяли в программе *Excel*, используя уравнение [16]:

$$x_c = \frac{(F_{OA}+F_{OB})x_a}{F_{OA}+F_{OB}+F_{O1}}, \quad (1)$$

где x_a – расстояние от первой опоры шасси агрегата до линии AB контакта $gkts$ – координаты точек A и B контакта опор шасси по оси x , m ;

- координату y_c - координату центра тяжести агрегата по оси Y - используя уравнение:

$$y_c = \frac{L_k(F_{OA}-F_{OB})}{2(F_{OA}+F_{OB})}, \quad (2)$$

где L_k – расстояние между колесами A и B , m .

Полученные данные использовали при графическом отображении, математическом описании процесса изменения положения центра тяжести в процессе снятия доильного аппарата с вымени коровы, а также обосновании конструктивно-режимных параметров шасси мобильного агрегата для доения коров. Полученные результаты подвергали математической обработке [16-19].

Исследование устойчивости от опрокидывания мобильного агрегата для доения коров осуществляли регистрируя реакции на опорах агрегата, меняющихся в зависимости от удаления (a) доильного аппарата в начальный момент и по траектории его движения, а также изменения угла поворота поворотного рычага пневмоцилиндра при изменении направления действия опрокидывающего момента. Для этого нами разработан стенд с использованием тензометрических силовых элементов (рисунок 6), (рисунок 7).

Начинали исследования с калибровки силоизмерительных датчиков 1 и 2, предназначенных для измерения и регистрации доли веса мобильного агрегата, приходящуюся на соответствующую опору (колесо). Для этого датчики 1 и 2 поочередно нагружали эталонными гирями класса E_1 , изменяя нагрузку в интервале от 0 до 20,0 кг с шагом 1,0 кг, одновременно регистрируя показания осциллографа 13 РС-500А в компьютере 14.

Для калибровки датчика 16, в качестве которого используется переменный резистор R-24N1-A100K,L-15KC, и предназначенного для регистрации угла отклонения от вертикали троса 12 в процессе движения доильного аппарата 7, использовали угломер-транспортёр KWB 0658-00 с интервалом измерений угла $0...180^0 \pm 10'$. Для этого трос 12 отклоняли от вертикали, воздействуя пластину, установленную на оси резистора, тем самым проворачивая его ротор. При этом угол отклонения контролировали угломером-транспортёром KWB 0658-00. Трос отклоняли на угол от 0 до 90^0 . Регистрацию сигнала, поступающего от датчика 16, осуществляли через каждые $5^0 \pm 10'$.

Исследования по определению реакции на опорах меняющихся в зависимости от удаления доильного аппарата в начальный момент и по траектории его движения, а также изменения угла поворота поворотного рычага пневмоцилиндра при изменении направления действия опрокидывающего момента проводили следующим образом. Расфиксировав хвостовик 18 выдвигали трос 12 пневмоцилиндра 24 на величину, соответствующую удалению доильного аппарата 7 от пневмоцилиндра 24 на расстояние 1,5 м и фиксировали его. Включали вакуумнасос 30 и посредством вакуумрегулятора 26 устанавливали вакуумметрическое давление, контролируя его вакуумметром 25, равное $23,9$ *кПа*, соответствующее требуемому значению при снятии доильного аппарата с искусственных сосков 8 при удалении доильного аппарата 1,5 м. В результате вакуумметрическое давление поступало в доильное ведро 15, и далее по молокопроводному шлангу 11 в коллектор доильного аппарата 7, откуда поступало в под-

дальнейших исследований, двухходовым электровентилем 29 подключали пневмоцилиндр 24 к атмосфере. Расфиксировав хвостовик 18 выдвигали трос 12 пневмоцилиндра 24 на величину, соответствующую удалению доильного аппарата 7 от пневмоцилиндра 24 на расстояние 1,5 м и фиксировали его. Доильные стаканы 10 устанавливали на искусственные соски 8 платформы 9, тем самым зафиксировав доильный аппарат 7 в исходном положении. Перемещая плиту 6 изменяли с шагом $20^0 \pm 10'$ в интервале $0 - 180^0 \pm 10'$ угол β установки относительно оси X поворотного рычага 20 пневмоцилиндра 24 с обводными роликами 17 и 19, фиксируя его в новом положении и контролируя угол поворота угломером-транспортиром КВВ 0658-00 с интервалом измерений угла $0 - 180^0 \pm 10'$, повторяли измерения реакции на опорах шасси мобильного агрегата и текущего угла отклонения от вертикали троса 12 в процессе движения доильного аппарата 7.

Для определения коэффициента запаса устойчивости при опрокидывании агрегата относительно линии OA, использовали уравнение:

$$k_{уст} = \frac{F_{ОВО}}{F_{ОВО} - F_{ОВ}} ; \quad (3)$$

относительно линии OB -

$$k_{уст} = \frac{F_{ОАО}}{F_{ОАО} - F_{ОА}} . \quad (4)$$

относительно линии АВ -

$$k_{уст} = \frac{F_{О1О}}{F_{О1О} - F_{О1}} , \quad (5)$$

где $F_{О1О}$, $F_{ОАО}$ и $F_{ОВО}$ - реакции опоре и на колесах шасси A и B при условии направления приложения опрокидывающей силы вдоль оси X.

Полученные данные использовали при графическом отображении, математическом описании процесса изменения реакции на опорах шасси мобильного агрегата в зависимости от текущего угла отклонения от вертикали троса 12 в процессе движения доильного аппарата 7 и направления действия опрокидывающего момента, а также при графическом отображении, математическом описании изменения коэффициента устойчивости агрегата от опрокидывания. Полученные результаты подвергали математической обработке [16-19].

При изучении силы, развиваемой на тросе пневмоцилиндром, в зависимости от его диаметра и подаваемого вакуумметрического давления исследования выполняли на основе планирования факторного эксперимента [21-27].

Из теоретических исследований работы мобильного агрегата для доения коров следует, что на силу, развиваемую пневмоцилиндром, оказывают влияние как диаметр пневмоцилиндра, так и вакуумметрическое давление, подаваемое в пневмоцилиндр. В таком случае, факторы, влияющие на критерий оптимизации – вакуумметрическое давление и диаметр пневмоцилиндра. Из предварительных теоретических исследований вытекают минимальные и максимальные значения выбранных факторов, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Факторы, влияющие на параметр оптимизации

Обозначение	Наименование фактора	Уровни варьирования		
		-1	0	+1
x_1	Диаметр пневмоцилиндра, м	0,05	0,06	0,07
x_2	Вакуумметрическое давление, кПа	20,0	35,0	50,0

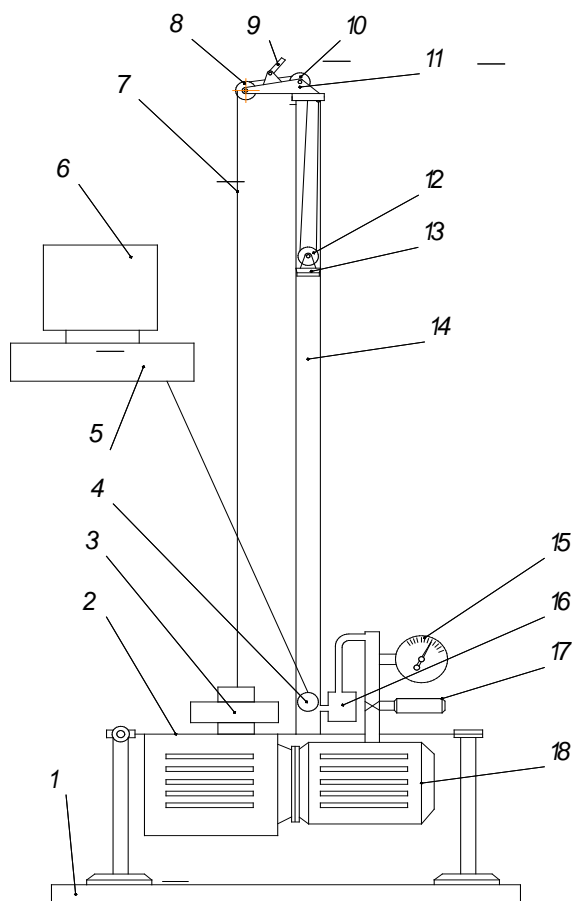
В качестве параметра оптимизации устанавливали усилие на тросе, развиваемое пневмоцилиндром. В основу исследований был положен факторный эксперимент 3^2 [21-27].

Измерение и регистрацию вакуумметрического давления в пневмоцилиндре, а также усилия в тросе осуществляли, устанавливая пневмоцилиндры соответствующего диаметра и меняя вакуумметрическое давление в пневмоцилиндре 1 в соответствии с матрицей планирования эксперимента (таблица 1).

Для установления закономерности изменения силы на тросе, развиваемой пневмоцилиндром в зависимости от его диаметра, а также вакуумметрического давления, подаваемого

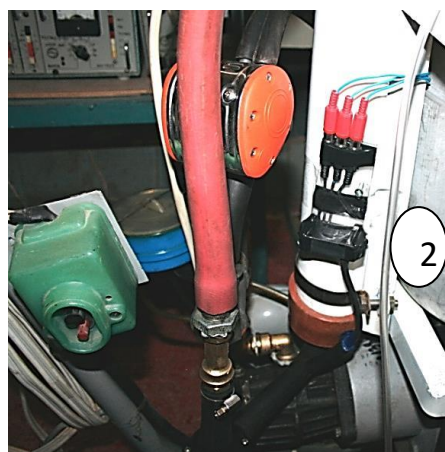
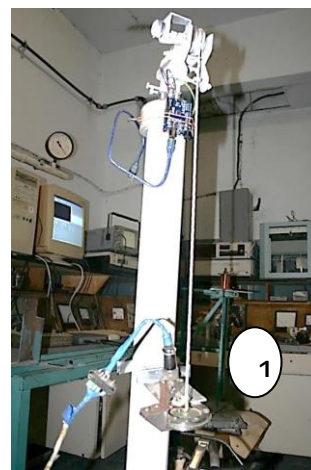
в пневмоцилиндр, мы использовали разработанный нами тензометрический стенд, позволяющий регистрировать изучаемый параметр (рисунок 8), (рисунок 9) [20].

Начинали исследования с калибровки тензометрического датчика давления 4, в качестве которого использовали тензометрический датчик РК 8763 9. Для этого датчик 4 подключали к источнику питания, устанавливая напряжение питания $6 \pm 0,01$ в, и через вакуумрегулятор 17 к вакуумнасосу 18, контролируя его вакуумметром 15 с точностью измерения $\pm 0,001$ МПа. Изменяя вакуумметрическое давление от 0 до $0,05 \pm 0,001$ МПа с шагом $0,01 \pm 0,001$ МПа фиксировали соответствующие цифровые показания осциллографа РС-500А 5 в компьютере 6, тем самым устанавливая цену шага цифровой регистрации.



1 - остов; 2 – платформа; 3 - силоизмерительный датчик; 4 – датчик; 5 – осциллограф; 6 - компьютер; 7 – трос; 8, 10, 12- обводной ролик; 9 – хвостовик; 11 - рычаг; 13 - поршень; 14 - пневмоцилиндр; 15 – вакуумметр; 16 - двухходовой вентиль; 17 – вакуумрегулятор; 18 – вакуумнасос

Рис. 8. Схема стенда для измерения силы, развиваемой пневмоцилиндром



1 – силоизмерительный датчик; 2 – датчик вакуумметрического давления

Рис. 9. Стенд для измерения силы, развиваемой пневмоцилиндром

Затем калибровали силоизмерительный датчик 3 натяжения троса. Для этого датчик 3 нагружали эталонными гирями, изменяя нагрузку в интервале от 0 до 6,0 кг с шагом 0,2 кг. При этом использовали гири класса E₁. Вначале силоизмерительный датчик 3 поочередно нагружали четырьмя гирями массой $200 \pm 0,0001$ г каждая, одновременно регистрируя показания осциллографа 5 РС-500А в компьютере 6. Затем четыре эталонные гири заменяли одной гирей массой $1000 \pm 0,0001$ г, фиксировали показания, и затем продолжали последовательно нагружать гирями массой $200 \pm 0,0001$ г с одновременной регистрацией показаний. Следующее действие – замена эталонной гири массой 1 кг и четырех гирь по 0,2 кг каждая гирей массой

2000±0,0001 г и после регистрации показаний осциллографа 5, по аналогии с вышеизложенным, увеличение нагрузки силоизмерительного датчика 3 эталонными гирями массой 200 г и 1000 г с последующей их заменой гирей массой 2000 г вплоть до нагрузки на силоизмерительный датчик 12 6000±0,0001 г.

Выполняли исследования следующим образом. Согласно матрице планирования эксперимента на остовае 1 устанавливали пневмоцилиндр 14 диаметром 0,05±0,001 м, включали осциллограф 5 РС-500А и компьютер 6, подавали питание на датчики 3 и 4 и запускали вакуумнасос 18. Вакуумрегулятором 17, контролируя вакуумметром 15, устанавливали вакуумметрическое давление, равное 0,020±0,001 МПа и подавали вакуумметрическое давление в пневмоцилиндр 14, открывая двухходовой вентиль 16. При этом поршень 13 посредством обводного ролика 12 воздействуя на трос 7, втягивал его. Трос 7, обкатываясь по обводным роликам 8 и 10 рычага 11, натягивался, взаимодействуя с силоизмерительным датчиком 3, тем самым формируя сигнал, поступающий в осциллограф 5 РС-500А и далее регистрируемый в компьютере 6. Одновременно к осциллографу 5 РС-500А поступал и регистрировался в компьютере 6 сигнал от датчика 4, тем самым фиксируя вакуумметрическое давление в пневмоцилиндре 14. После этого двухходовым вентилем 16 полость пневмоцилиндра 14 сообщали с атмосферой, отключив от вакуумнасоса 18. Затем снова двухходовым вентилем 16 пневмоцилиндр 14 подключали к вакуумнасосу 18 и измерения повторяли. Потом, согласно матрице планирования эксперимента (таблица 1) вакуумрегулятором 17, контролируя вакуумметром 15, устанавливали вакуумметрическое давление, равное 0,035±0,001 МПа и подавая вакуумметрическое давление в пневмоцилиндр 14, проводили исследования изучаемых параметров в новом режиме. Потом вакуумметрическое давление увеличивали до 0,050 МПа. И так повторяли для пневмоцилиндров диаметром 0,06 м 0,07 м.

Полученные результаты подвергали математической обработке [16-19]. Исследования по определению времени достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра мобильного агрегата для доения коров выполняли на основе планирования факторного эксперимента [21-27].

Из теоретических исследований рабочего процесса пневмоцилиндра мобильного агрегата для доения коров в период снятия доильного аппарата с вымени животного следует, что время достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра зависит от подаваемого вакуумметрического давления, объема вакууммируемой полости пневмоцилиндра, длины и диаметра патрубка, посредством которого пневмоцилиндр подключен к источнику вакуумметрического давления. В таком случае, факторы, влияющие на критерий оптимизации, которым является время достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра, – вакуумметрическое давление, объем вакууммируемой полости пневмоцилиндра, длины и диаметра патрубка. Из предварительных теоретических исследований вытекают минимальные и максимальные значения выбранных факторов, которые приведены в таблице 2.

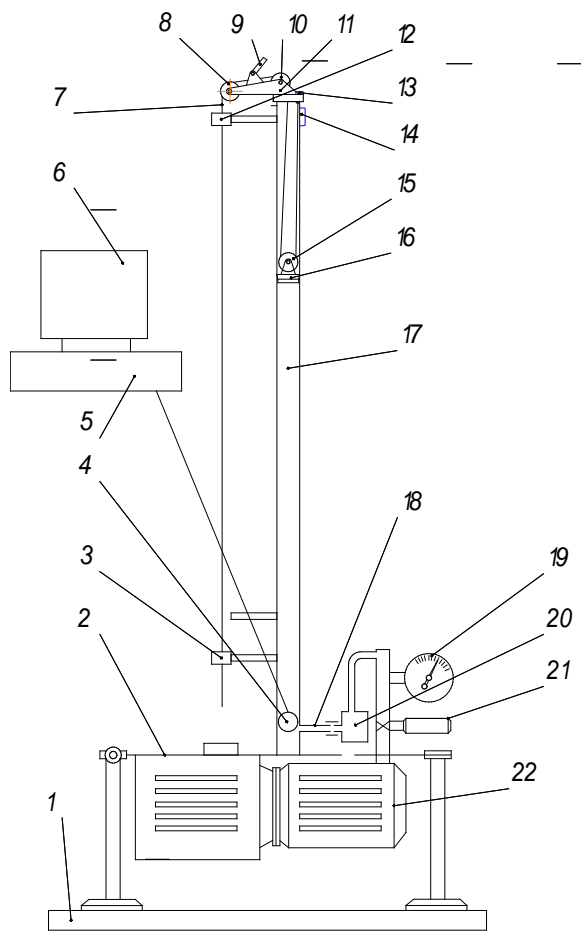
Таблица 2 - Факторы, влияющие на параметр оптимизации

Обозначение	Наименование Фактора	Уровни варьирования		
		-1	0	+1
x_1	Диаметр патрубка, м	0,001	0,003	0,005
x_2	Длина патрубка, м.	0,01	0,025	0,04
x_3	Вакуумметрическое давление (Абс.), Па	20000,0 (80000,0)	30000,0 (70000,0)	40000,0 (60000,0)
x_4	Вакууммируемый объем пневмоцилиндра, м ³	0,001	0,002	0,003

Известно, что для ортогональности плана выполнения эксперимента требуется выполнить условие симметрии, подтверждаемой равенством нулю результатов сложения элементов произвольно выбранного столбца матрицы планирования экспериментов, а также суммы произведений элементов любых двух столбцов [24].

Данное требование симметричности и ортогональности в нашем случае выполняется при условии: звездное плечо $d=1,4142$; изменение квадратичной переменной на величину смещения $\varphi=0,8$. Это соответствует четырехфакторному эксперименту [24, 25].

Для реализации данного факторного эксперимента по установлению закономерности изменения времени достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра в зависимости от диаметра и длины патрубка, сообщающего его с источником вакуума, величины вакуумметрического давления, подводимого к пневмоцилиндру, а также объема пневмоцилиндра, подвергаемого вакууммированию, мы использовали разработанный нами тензометрический стенд, позволяющий регистрировать изучаемый параметр (рисунок 10), (рисунок 11) [20].

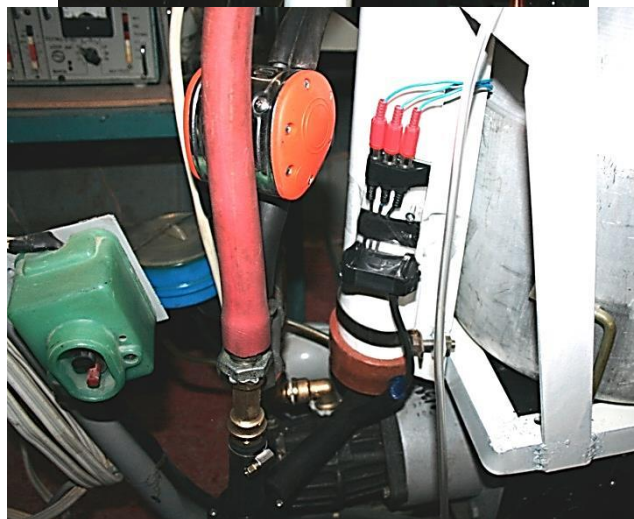
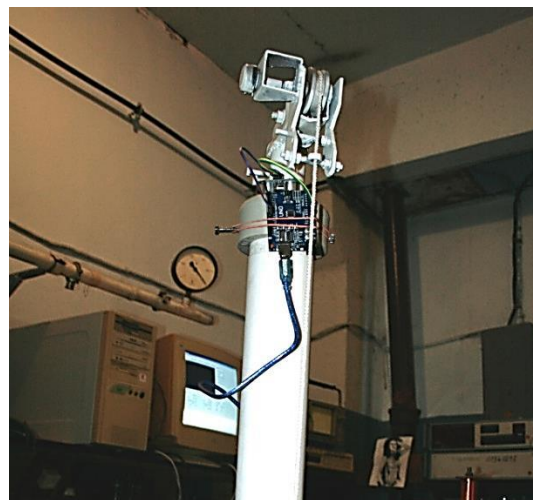


1 - остов; 2 – платформа; 3, 12 - кронштейн; 4 – датчик; 5 – осциллограф; 6 - компьютер; 7 – трос; 8, 10, 14- обводной ролик; 9 – хвостовик; 11 - рычаг; 13 – датчик; 15 - поршень; 16 – мерная линейка; 17 - пневмоцилиндр; 18 - патрубок; 19 – вакуумметр; 20 - двухходовой вентиль; 21 – вакуумрегулятор; 22 – вакуумнасос

Рис. 10. Схема стенда для измерения времени достижения заданного вакуумметрического давления

Для исследований нами были изготовлены патрубки с параметрами, соответствующими условиям эксперимента (таблица 3).

Начинали исследования с калибровки тензометрического датчика 4 давления, в качестве которого использовали датчик РК 8763 9. Для этого изменяя вакуумметрическое давление



1 – датчик перемещения поршня; 2 – датчик вакуумметрического давления

Рис. 11. Стенд для измерения времени достижения заданного вакуумметрического давления

от 0 до $0,05 \pm 0,001$ МПа с шагом $0,01 \pm 0,001$ МПа фиксировали соответствующие цифровые показания осциллографа РС-500А 5 в компьютере 6, тем самым устанавливая цену шага цифровой регистрации. Затем устанавливали технологический объем V_t пневмоцилиндра 17 при крайнем нижнем положении поршня 16, подвергаемый вакууммированию в процессе исследований. Для этого пневмоцилиндр 17 переворачивали нижней частью вверх, на патрубок 18 надевали шланг, свободный конец которого опускали в емкость с водой. Поршень 16 за трос 7 опускали на некоторое расстояние вниз, засасывая воду в пневмоцилиндр 17. После этого снимали шланг с патрубка 18, пневмоцилиндр 17 поворачивали в горизонтальное положение, ориентируя патрубок 18 вверх, и вспомогательным стержнем поршень 16 перемещали к нижней части пневмоцилиндра 17 до упора, вытесняя с цилиндра воду. Оставшуюся в подпоршневом пространстве воду сливали в мензурку и измеряли остаток воды, тем самым устанавливая искомое значение технологического объема V_t .

Таблица 3 - Конструктивные параметры патрубков, используемых в эксперименте

№ строки	Параметры патрубка	
	Длина воздушного канала патрубка, мм	Диаметр отверстия, мм
1.	10	1
2.		3
3.		5
4.	25	1
5.		3
6.		5
7.	40	1
8.		3
9.		5

Объем V_v пневмоцилиндра, подвергаемый вакууммированию в процессе исследований, определяли по формуле:

$$V_v = \frac{\pi d_{is}^2}{4} s_p + V_t, \quad (6)$$

где V_t – остаточный подпоршневой технологический объем пневмоцилиндра, m^3 ; d_{is} – диаметр пневмоцилиндра, m ; s_p - перемещение поршня, m .

Из данного уравнения находили требуемое перемещение поршня 15 для установления заданного объема пневмоцилиндра, подвергаемого вакууммированию через исследуемый патрубок 18.

В качестве датчика 13 положения поршня 16 в пневмоцилиндре 17 использовали датчик расстояния ультразвуковой HC-SR04 подключаемый к контроллеру 14 Arduino UNO R3, настраиваемый на аналоговый выход сигнала. Контроллер 14 подключали к компьютеру, предварительно установив программу управления контроллером 14 и затем скетч согласования контроллера Arduino UNO R3 и датчика HC-SR04. Для калибровки датчика 13 включали компьютер, подключали контроллер 14 Arduino UNO R3, запускали программу управления контроллером и вгружали скетч согласования контроллера Arduino UNO R3 и датчика HC-SR04. В компьютере фиксировали начальное показание. Поршень 16 перемещали в пневмоцилиндре на расстояние в пределах $0 \dots 1,0$ м с шагом $0,1$ м, контролируя перемещение мерной линейкой с точностью $\pm 0,001$ м, фиксируя показания в компьютере в каждой точке положения поршня 16.

Выполняли исследования следующим образом. Согласно матрице планирования эксперимента на остовете 1 устанавливали пневмоцилиндр 17 диаметром $0,06 \pm 0,001$ м и устанавливали соответствующий патрубок 18. Вспомогательным стержнем поршень 16 перемещали к нижней части пневмоцилиндра 17 до упора и затем, вытаскивая трос 7 и контролируя его перемещение датчиком 13, через обводной ролик 15 перемещали поршень 16 на требуемое расстояние s_p . От обратного движения трос фиксировали хвостовиком 9. При этом следует заметить, что так как трос 7 с поршнем 16 взаимодействует через обводной ролик 15, перемещение троса должно составить:

$$s_{tr} = 2s_p, \quad (7)$$

где s_{tr} – перемещение троса, м.

Включали осциллограф 5 РС-500А и компьютер 6, подавали питание на датчик 4 и датчик 13 и запускали вакуумнасос 22. Вакуумрегулятором 21, контролируя вакуумметром 19 устанавливали вакуумметрическое давление, равное $0,020 \pm 0,001$ МПа и подавали вакуумметрическое давление к двухходовому вентилю 20.

Стенд готов к исследованию процесса вакууммирования полости пневмоцилиндра с исходными параметрами согласно матрице планирования эксперимента.

Открывали двухходовой вентиль 20 и сообщали пневмоцилиндр 17 с вакуумнасосом 22. Вакуумметрическое давление, взаимодействуя с датчиком 4, формировало сигнал, поступающий в осциллограф 5 РС-500А и далее регистрируемый в компьютере 6 во времени. После этого двухходовым вентилем 20 полость пневмоцилиндра 17 сообщали с атмосферой, отключив от вакуумнасоса 22. Затем снова двухходовым вентилем 20 пневмоцилиндр 17 подключали к вакуумнасосу 22 и измерения повторяли. Измерения проводили с трехкратной повторностью. Для перехода на следующую позицию матрицы исследований, после достижения максимального вакуумметрического давления в пневмоцилиндре 17, освобождали хвостовиком 9 трос 7, который обкатываясь по обводным роликам 8 и 10 рычага 11 и ролик 15, позволял поршню 16 опускаться в крайнее нижнее положение в пневмоцилиндре 17. После этого двухходовым вентилем 20 полость пневмоцилиндра 17 сообщали с атмосферой, отключив от вакуумнасоса 18. Потом, согласно матрице планирования эксперимента, устанавливали новый режим исследований и измерения повторяли. Полученные результаты подвергали математической обработке [16-19].

Результаты исследований. Полученные данные, после их обработки на ЭВМ, легли в основу уравнений регрессии, характеризующих процессы, описываемые математическими моделями. Установлено, что характер изменения силы натяжения троса подвеса доильного аппарата массой 3 кг по траектории его движения с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории движения, в зависимости от начального удаления доильного аппарата от точки подвеса на расстояние описывается уравнением вида [28-30]:

$$F_{11} = 27.656 + 14.896a + 8.405 \alpha - 14.49a \alpha - 4.255a^2 - 12.756 \alpha^2, \quad (8)$$

где F_{11} – натяжение троса пневмоцилиндра по траектории движения при массе доильного аппарата 3 кг, Н; a – расстояние от точки крепления троса к доильному аппарату до положения хвостовика на пневмоцилиндре в горизонтальной плоскости, м; α – угол отклонения троса от вертикали в начальный момент снятия доильного аппарата вымени коровы, рад.

При увеличении массы доильного аппарата до 3,5 кг эмпирическое уравнение приобретает вид:

$$F_{12} = 32.269 + 17.372a + 9.8 \alpha - 16,906a \alpha - 4.96a^2 - 14.875 \alpha^2, \quad (9)$$

где F_{12} – натяжение троса пневмоцилиндра по траектории движения при массе доильного аппарата 3,5 кг, Н.

При массе 4 кг изменение силы натяжения троса подвеса доильного аппарата изменяется по закону описываемым следующим эмпирическим уравнением:

$$F_{13} = 36.877 + 19.855a + 11.205 \alpha - 19,317a \alpha - 5.67a^2 - 17.006 \alpha^2, \quad (10)$$

где F_{13} – натяжение троса пневмоцилиндра по траектории движения при массе доильного аппарата 4 кг, Н.

Доказательством верности рассматриваемых теоретических положений относительно взаимосвязи силы натяжения троса и положения доильного аппарата на траектории движения в процессе снятия с вымени коровы является то, что расчетное значение F – критерия Фишера для данных уравнений, равное $1,29 \dots 1,68$, значительно ниже его табличного значения – $2,42 \dots 3,13$.

Это дает нам основание сказать, что при снятии с вымени коровы доильного аппарата с увеличением как его массы, так и начального удаления от доильного агрегата, сила натяжения троса возрастает и достигает максимума в нижней точке траектории движения. Так, при массе доильного аппарата 3 кг и начальном удалении 1,5 м по мере его движения в процессе

снятия с вымени коровы при указанных выше конструктивных параметрах пневмоцилиндра снятия и доильного агрегата в целом, натяжение троса увеличивается с 14,34 до 40,43 Н, а при массе доильного аппарата 4 кг – с 19,13 до 53,9 Н.

Полученные данные, после их обработки на ЭВМ, легли в основу уравнения регрессии, характеризующего характер изменения времени движения доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории движения, в зависимости от начального удаления доильного аппарата от точки подвеса:

$$t_{da} = 0,33981 + 0,03592a + 0,43879a^2 - 0,36202a^3 + 0,09697a^4, \quad (11)$$

где t_{da} – время движения доильного аппарата с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории, с.

Доказательством справедливости рассматриваемых теоретических положений относительно зависимости времени движения доильного аппарата в процессе снятия с молочной железы от начального удаления (a) доильного аппарата является то, что при расчетном значении F – критерия Фишера 3,68, его табличное значение составляет 3,9.

Установлено, что с увеличением удаления доильного аппарата от мобильного агрегата, время его движения в нижнюю точку траекторию при снятии с вымени коровы увеличивается. Так, при удалении доильного аппарата от мобильного агрегата на 0,5 м время его движения в нижнюю точку траектории составляет 0,42 с, в то время как при удалении 1,5 м – 0,65 с.

Закономерность изменения положения центра тяжести мобильного агрегата для доения коров в зависимости от удаления (a) доильного аппарата в начальный момент его движения, а также изменения угла поворота поворотного рычага пневмоцилиндра при изменении направления действия опрокидывающего момента, по оси X имеет вид:

$$X_{c1} = 0,3538 - 0,0024x_{c1} - 0,00542x_{c2} - 0,0042x_{c1}x_{c2} + 0,0001x_{c1}^2 - 0,00005x_{c2}^2, \quad (12)$$

где X_{c1} – координата центра тяжести мобильного агрегата по оси X , м; x_{c1} – фактор, характеризующий вертикальную составляющую F_y веса доильного аппарата, имитируемую эталонными гирями класса E_1 , кг; x_{c2} – фактор, характеризующий угол β поворота поворотного рычага пневмоцилиндра относительно оси X по действием опрокидывающего момента.

В раскодированном виде его представим как:

$$x_c = 0,3575 + 0,0008m - 0,0008\beta - 0,0013m\beta + 0,00003m^2 - 0,00002\beta^2, \quad (13)$$

где m – масса эталонной гири, имитирующей вертикальную составляющую веса доильного аппарата в процессе его движения при снятии с вымени коровы, кг.

Для тех же условий относительно конструктивных параметров мобильного агрегата, эмпирическое уравнение в кодированном виде, характеризующее положение центра тяжести агрегата по оси Y имеет вид:

$$Y_{c1} = 0,0018 + 0,0014x_{c1} - 8,9 \cdot 10^{-20}x_{c2} - 7,9 \cdot 10^{-20}x_{c1}x_{c2} - 6,2 \cdot 10^{-5}x_{c1}^2 - 0,0054x_{c2}^2, \quad (14)$$

где Y_{c1} – координата центра тяжести мобильного агрегата по оси Y , м.

В раскодированном виде его представим как:

$$y_c = 0,00076m + 0,0069\beta - 0,00002m^2 - 0,0022\beta^2 \quad (15)$$

Доказательством правильности рассматриваемых теоретических положений относительно зависимости положения центра тяжести мобильного агрегата от массы доильного аппарата, его положения на траектории движения и направления действия опрокидывающего момента, воздействующего на агрегат в процессе снятия доильного аппарата с вымени коровы, является то, что при расчетном значении F – критерия Фишера, равном 2,79...2,94, его табличное значение - 3,13.

Как свидетельствуют результаты эксперимента увеличение массы эталонных гирь в интервале от 0 до 4 кг, имитирующих вертикальную составляющую веса доильного аппарата, формируемую в процессе его движения в начальной точке траектории при снятии с вымени коровы при различном его начальном удалении от агрегата, вызывает смещение центра тяжести на величину от 0 до 0,0081 м. Причем, максимальное смещение центра тяжести мобильного агрегата по оси X достигается при угле β поворота поворотного рычага пневмоцилиндра равном нулю, а максимальное смещение центра тяжести мобильного агрегата по оси Y достигается при угле β , равном 1,57 рад.

Полученные данные, после их обработки на ЭВМ с использованием программы Excel, были использованы при подготовке уравнений регрессии, характеризующих характер изменения реакций на опорах шасси агрегата, обусловленный меняющейся нагрузкой на опоры шасси агрегата в процессе движения доильного аппарата по траектории, исключающей его контакт с полом стойла коровы. Установлено, что при направлении действия опрокидывающего момента, вызывающего догружение колеса А силами, возникающими в процессе снятия и движения доильного аппарата, уравнение регрессии в кодированном виде, характеризующее реакцию на опоре шасси А мобильного агрегата для доения коров имеет вид:

$$F_{OA} = 209,302 + 6,39x_1 - 26,453x_2 - 8,799x_1x_2 - 10,531x_1^2 - 84,257x_2^2, \quad (16)$$

где x_1 – текущее значение угла (α) положения доильного аппарата в кодированном виде; x_2 – угол (β) поворота поворотного рычага пневмоцилиндра, характеризующий направление действия опрокидывающего момента в кодированном виде.

В раскодированном виде данное уравнение можно представить как:

$$F_{OA} = 173,533 + 116,956\alpha + 95,885\beta - 14,01\alpha\beta - 65,819\alpha^2 - 34,178\beta^2, \quad (17)$$

где α – текущее значение угла (α) положения доильного аппарата, *рад.*; β – угол (β) поворота поворотного рычага пневмоцилиндра, характеризующий направление действия опрокидывающего момента, *рад.*

В то же время при направлении действия опрокидывающего момента, вызывающего догружение колеса А силами, возникающими в процессе снятия и движения доильного аппарата, происходит разгрузка колеса В. Уравнение регрессии в кодированном виде, характеризующее реакцию на опоре В мобильного агрегата для доения коров имеет вид:

$$F_{OB} = 153,0368 - 6,3853x_1 - 26,5665x_2 - 8,8205x_1x_2 + 10,5247x_1^2 + 84,2156x_2^2. \quad (18)$$

В раскодированном виде данное уравнение можно представить как:

$$F_{OB} = 213,8467 - 72,8472\alpha - 115,7673\beta - 14,0444\alpha\beta + 65,7794\alpha^2 + 34,1614\beta^2. \quad (19)$$

Эмпирическое выражение, характеризующее закономерность изменения искомого параметра на опоре О в кодированном виде имеет вид:

$$F_O = 109,6607 - 0,0046x_1 + 53,0186x_2 + 17,6191x_1x_2 + 0,006x_1^2 + 0,0423x_2^2. \quad (20)$$

В раскодированном виде данное уравнение можно представить как:

$$y = 83,1335 - 44,1043\alpha + 16,8813\beta + 28,054\alpha\beta + 0,0375\alpha^2 + 0,0172\beta^2. \quad (21)$$

Для данных уравнений F – критерий 1,10...1,72, – расчетное значение, 2,42 – табличное. Это подтверждает справедливость рассматриваемых теоретических положений. В таком случае мы можем сказать, что максимум реакции на опоре шасси А, равный 277,4 Н наблюдается при нахождении доильного аппарата в точке траектории с углом отклонения от вертикали $\alpha=0,8$ *рад* и угле β отклонения от оси Х направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, равном 1,256 *рад*.

Синхронно с этим отмечается снижение с последующим увеличением реакции на опоре шасси В как по траектории движения доильного аппарата, так и по мере увеличения угла β отклонения от оси Х направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат. Минимум реакции на опоре шасси В, равный 79,65 Н наблюдается при нахождении доильного аппарата в точке траектории с углом отклонения от вертикали, как и для опоры А - $\alpha=0,8$ *рад*, но при угле β отклонения от оси Х направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, равном 1,884 *рад*.

Сложный характер изменения носит реакция на опоре шасси О. При угле β отклонения от оси Х направления действия опрокидывающего момента, равном 1,57 *рад*, на всем протяжении траектории движения доильного аппарата реакция на опоре шасси О остается постоянной, равной 109,6 Н. В интервале от 0 до 1,57 *рад*, отмечается увеличение реакции на опоре О, а в интервале от 1,57 до 3,14 *рад*, наоборот, уменьшение. Минимум реакции на опоре шасси О, равный 37,21 Н наблюдается при нахождении доильного аппарата в точке траектории с углом отклонения от вертикали, как и для опоры А - $\alpha=0,8$ *рад*, но при угле β отклонения от оси Х направления действия опрокидывающего момента, равном 0.

На основании установленной закономерности варьирования реакции на опорах мобильного агрегата для доения коров нами получены уравнения регрессии, характеризующие зависимость коэффициента устойчивости агрегата от реакции на опорах, регламентируемых углом (α) положения доильного аппарата на траектории движения, а также угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат.

При оценке устойчивости агрегата по реакции на колесе B нами получено уравнение регрессии в кодированном виде, которое имеет вид:

$$K_{yb} = 4.1414 - 1,2495x_1 - 2,085x_2 + 0,5618x_1x_2 + 1,5943x_1^2 + 3,163x_2^2, \quad (22)$$

где K_{yb} – коэффициент устойчивости агрегата, оцениваемый по реакции на опоре B .

В раскодированном виде его можно представить как:

$$K_{yb} = 16,2049 - 16,845\alpha - 8,6252\beta + 1,118\alpha\beta + 9,96\alpha^2 + 2,0041\beta^2. \quad (23)$$

Оценку устойчивости агрегата по реакции на опоре O мы оценивали при условии, что опрокидывающий момент, действующий на агрегат, направлен вдоль оси X , как наиболее опасном для устойчивости агрегата направлении. В результате нами получено уравнение регрессии, которое имеет вид:

$$K_{yo} = 8,7958 - 36,0311 \alpha + 69,9947 \alpha^2 - 62,9923 \alpha^3 + 21,9679 \alpha^4, \quad (24)$$

где K_{yo} – коэффициент устойчивости агрегата, оцениваемый по реакции на опоре O .

Доказательством верности рассматриваемых теоретических положений относительно зависимости коэффициента устойчивости агрегата от реакции на опорах шасси мобильного агрегата, которая в свою очередь зависит от текущего угла (α) положения доильного аппарата на траектории движения, а также угла β отклонения от оси X направления действия опрокидывающего момента на мобильный агрегат, возникающего в процессе снятия доильного аппарата с молочной железы коровы, является то, что табличное значения F – критерия Фишера равно 2,42...5,96, а фактическое - 1,63...1,82.

Анализ результатов исследований показал, что при конструктивных параметрах мобильного агрегата для доения коров, которые приведены выше, расстояние от первой опоры до линии колес A и B должно быть не менее 0,422 м, а расстояние между колесами A и B – не менее 0,262 м.

Полученные в результате сравнительных экспериментальных исследований данные, после их обработки с использованием программы Excel, легли в основу формирования эмпирической зависимости, увязывающей силу на тросе с используемым диаметром пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы, а также вакуумметрическим давлением, подводимым к пневмоцилиндру. Уравнение в кодированном виде имеет вид:

$$F_t = 42,175 + 28,783x_{c1} + 14,13x_{p2} + 9,42x_{c1}x_{p2} - 0,00017x_{c1}^2 + 1,178x_{p2}^2 \quad (25)$$

где F_t – сила на тросе пневмоцилиндра, H ; x_{c1} – диаметр пневмоцилиндра в кодированном виде; x_{p1} – вакуумметрическое давление в кодированном виде.

В раскодированном виде его можно представить как:

$$F_t = 41.4085 - 0.00136p_c - 1413.6d_c + 0.0471p_c d_c + 11780.0d_c^2, \quad (26)$$

где d_c – диаметр пневмоцилиндра, m ; p_c – вакуумметрическое давление, Pa .

Из эмпирического уравнения следует, что при увеличении диаметра пневмоцилиндра с 0,05 м до 0,07 и вакуумметрического давления с 10000 Па до 40000 Па сила на тросе увеличивается с 10,12 Н до 97,02 Н. Данная зависимость позволяет также определить диаметр и вакуумметрическое давление, при которых обеспечивается требуемая сила на тросе пневмоцилиндра. Так, если при массе доильного аппарата 4 кг и начальном удалении от мобильного агрегата 1,5 м по мере его движения в процессе снятия с вымени коровы по траектории, исключая контакт доильного аппарата с полом стойла животного, натяжение троса увеличивается с 19,13 до 53,9 Н, то требуемая сила на тросе может быть достигнута при диаметре пневмоцилиндра 0,06 м и вакуумметрическом давлении не ниже 37500 Па, а при диаметре 0,07 м – вакуумметрическое давление, подводимое к пневмоцилиндру должно быть не менее 28000 Па.

Из теоретических исследований рабочего процесса пневмоцилиндра мобильного агрегата для доения коров в период снятия доильного аппарата с вымени животного следует, что

время достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра зависит от подаваемого вакуумметрического давления, объема вакууммируемой полости пневмоцилиндра, длины и диаметра патрубка, посредством которого пневмоцилиндр подключен к источнику вакуумметрического давления [28...30]. Полученные результаты факторного эксперимента в полной мере подтвердили наличие связи между факторами и параметром оптимизации, которая достаточно точно описывается эмпирическим уравнением:

$$t = 0,73069 - 161,282d_t - 20,5568l_t - 0,000009P_{anom} - 58,5109V_p + 5890,003d_t l_t + 0,00304d_t P_{anom} - 81,9067d_t V_p + 10994,12V_p l_t + 2989980,0d V_p l_t + 0,005d_t P_{anom} V_p - 0,3257P_{anom} V_p l_t + 65,0d P_{anom} V_p l_t - 0,75d_t^2 + 58,9997l_t^2 + 29700,0V_p^2. \quad (27)$$

где t_v – время достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра, с; d_t – диаметр патрубка, м; l_t – длина патрубка, м; V_p – вакууммируемый объем пневмоцилиндра, м³; P_{anom} – вакуумметрическое давление, Па.

Из анализа эмпирического уравнения (22) следует, что при длине патрубка 0,025 м, величине вакуумметрического давления 30000 Па и диаметре патрубка 0,001 м увеличение объема пневмоцилиндра с 0,001 до 0,003 м³ вызывает увеличение требуемого времени с 0,66 до 1,98 с, а при диаметре патрубка 0,005 м – с 0,17 до 0,51 с.

Данные исследования позволяют, регламентируя время достижения заданного вакуумметрического давления в полости пневмоцилиндра, установить диаметр и длину патрубка, соединяющего полость пневмоцилиндра с источником вакуумметрического давления, обеспечивающий выполнение данного условия. Так, при указанных выше конструктивных параметрах мобильного агрегата для доения коров для обеспечения снятия доильного аппарата с вымени животного, минимальное время движения которого по траектории, исключаяющей его контакт с полом стойла коровы, наблюдается при его удалении 0,5 м и составляет 0,428 с, для достижения в указанный промежуток времени в полости пневмоцилиндра вакууммируемым объемом 0,003 м³ вакуумметрического давления 37500 Па при длине патрубка 0,01 м его диаметр должен быть не менее 0,0022 м, а при длине 0,03 м – не менее 0,0038 м.

Хозяйственные испытания создаваемого нами мобильного агрегата для доения коров выполняли с целью оценки результата его совершенствования, направленного на применение режима контроля завершения выведения молока из вымени коровы и снятия доильного аппарата с молочной железы при снижении общего потока молока по вымени ниже 200 мл/мин (рисунки 12).

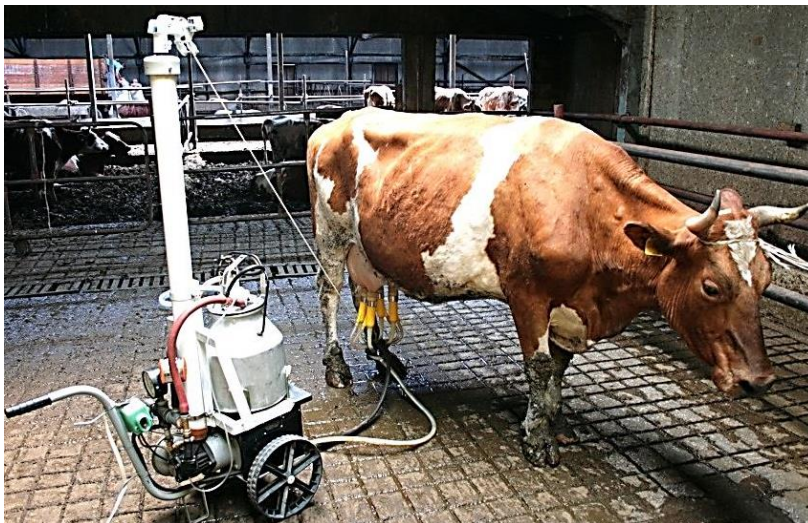


Рис. 12 – Момент снятия доильного аппарата с вымени коровы по завершению процесса доения

Критерием оценки его технологического процесса служили затраты ручного труда на обслуживание агрегата в процессе доения коров, рост молочной продуктивности коров и снижение заболеваемости вымени животных маститом. Полученные результаты испытаний сравнивали с аналогичными показателями технологического процесса машинного доения коров, реализуемого мобильным доильным агрегатом АИД-1.

Установлено, что в результате использования экспериментального мобильного агрегата для доения коров в сравнении с доильным агрегатом АИД-1 имеет место рост молочной продуктивности коров на 2,73%, сокращение затрат времени на обслуживание одного агрегата на 16,98%, что позволяет оператору обслуживать два агрегата, а также снижение заболеваемости вымени коров маститом на 11.11%.

Выводы

1. Анализ технологий машинного доения коров и известных конструкций доильного оборудования позволил установить, что для доения малочисленных групп животных в условиях фермерских хозяйств целесообразно использовать мобильные доильные агрегаты с вертикально установленным пневмоцилиндром снятия доильного аппарата с вымени по завершению процесса доения, управляемым датчиком потока молока.

2. Разработаны математические модели рабочего процесса мобильного агрегата для доения коров, устанавливающие зависимость его устойчивости от опрокидывания под воздействием момента, создаваемого доильным аппаратом при его снятии с молочной железы животного, направления действия опрокидывающего момента, конструктивных параметров агрегата, а также положения опор шасси мобильного агрегата. Доказано, что при заданных конструктивных параметрах мобильного агрегата для доения коров расстояние от первой опоры до линии колес *A* и *B* должно быть не менее 0,422 м, а расстояние между колесами *A* и *B* – не менее 0,262 м.

3. Установлено, что ход поршня пневмоцилиндра снятия доильного аппарата с вымени коровы, при котором исключается контакт доильного аппарата с полом стойла, при его перемещении с точки подвеса на вымени в нижнюю точку траектории движения, при максимальном расстоянии от точки крепления троса к доильному аппарату до положения хвостовика в горизонтальной плоскости 1,50 м, должен быть не менее 1,04 м.

4. Для управляемого снятия доильного аппарата с предупреждением его контакта с полом стойла коровы в нижней точке его траектории движения при диаметре пневмоцилиндра 0,06 м вакуумметрическое давление должно быть не ниже 37,5 кПа, а при диаметре 0,07 м – не менее 28,0 кПа.

5. Для обеспечения снятия доильного аппарата с вымени животного, минимальное время движения которого по траектории, исключаяющей его контакт с полом стойла коровы, наблюдается при его удалении 0,5 м и составляет 0,428 с, для достижения в указанный промежуток времени в полости пневмоцилиндра вакууммируемым объемом 0,003 м³ вакуумметрического давления 37,5 кПа при длине патрубка 0,01 м его диаметр должен быть не менее 0,0022 м, а при длине 0,03 м – не менее 0,0038 м.

6. Установлено, что в результате использования экспериментального мобильного агрегата для доения коров в сравнении с доильным агрегатом АИД-1 имеет место рост молочной продуктивности коров на 2,73%, сокращение затрат времени на обслуживание одного агрегата на 16,98%, что позволяет оператору обслуживать два агрегата, а также снижение заболеваемости вымени коров маститом на 11.11%. Годовой экономический эффект экспериментального мобильного агрегата для доения коров с учетом приведенных затрат, в расчете на 20 голов, составляет 33703,8 рубля, а на одну голову – 1685,19 рубля.

Библиография

1. Гордиевских М.Л. Повышение эффективности машинного доения коров путем совершенствования технологического процесса и технических средств учета текущих физиологических потребностей животных: автореф на соиск. ученой степ. докт. техн. наук.: 05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства. Челябинск, 2006. 32 с.
2. Продивлянов А.В. Механизация и технология доения коров. Саратов : ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013. 36 с.
3. Ревякин Е.Л. Материально-техническая база животноводства: состояние, проблемы, пути развития // Научно-технические проблемы механизации и автоматизации животноводства «Перспективные технологии и технические средства для животноводства: проблемы эффективности и ресурсосбережения» / под ред. Н.М. Морозова. Подольск, 2003. Т.12, ч. 1, С. 8-18.
4. Тенденции развития доильного оборудования за рубежом./ Ю.А. Цой, Н.П. Мишуров, В.В.Кирсанов, А.И. Зеленцов. М.: ФГНУ Росинформагротех, 2000. 76 с.

5. Карташов Л.П. Машинное доение коров. М.: Колос, 1982. 301 с.
6. Обоснование конструктивно-режимных параметров регулятора вакуумметрического давления адаптивного доильного аппарата / В.Ф. Ужик [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (65). С. 101-105.
7. Переносной манипулятор для доения коров: пат. 2649668 Рос. Федерация. № 2017108088 / Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В. заявл. 10.03.2017; опубл. 04.04.2018, Бюл. № 10.
8. Ужик В.Ф., Некипелов С.И. Адаптивный манипулятор для доения коров // Проблемы и решения современной аграрной экономики: Материалы XXI Всероссийской конференции с международным участием, 23-24 мая 2017 г. в 2 т. Т. 1. п. Майский. С. 108-109.
9. Ужик В.Ф., Некипелов С.И. Переносной манипулятор для доения коров // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2017. № 4 (28). С. 43-47.
10. Переносной манипулятор с почетвертным управляемым режимом доения коров / В.Ф. Ужик, О.С. Кузьмина, О.В. Китаёва, С.И. Некипелов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019. № 4 (36). С. 51-56.
11. Доильный агрегат: пат. 2654245 Рос. Федерация. № 2017110361 / Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В., Кабашко А.А. заявл. 28.03.2017; опубл. 17.05.2018, Бюл. № 10.
12. Доильный агрегат: пат. 2707518 Рос. Федерация № 2019108170 / Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В., Кабашко А.А., Кузьмина О.С. заявл. 21.03.2019; опубл. 27.11.2019, Бюл. № 33.
13. Ужик В.Ф., Некипелов С.И. Передвижной доильный агрегат для коров // Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы : Материалы XXII Всероссийской конференции с международным участием, 28-29 мая 2018 года в 2 т. Том 1. п. Майский. 2018. С. 246-248.
14. Ужик В.Ф., Некипелов С.И. Мобильный агрегат для доения коров // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2018. № 3 (31). С. 11-14.
15. Применение тензометрии в машиностроении // под ред. П.З. Петухова, А.В. Казанцева. М.: Машгиз, 1956. 236 с.
16. Вадзинский Р. Статистические вычисления в среде Excel. СПб.: Питер, 2008. 608 с.
17. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. М.: Колос, 1973. 194 с.
18. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных. М.: Колос, 1966. 246 с.
19. Вучков И., Бояджиева Л., Солаков Е. Прикладной регрессионный анализ. М.: Финансы и статистика, 1987. 239 с.
20. Стенд для регистрации параметров траектории движения доильного аппарата при снятии с вымени коровы: пат. 2683478 Рос. Федерация № 2018122571 / Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В., Кабашко А.А., Прокофьев В.В.; заявл. 19.06.2018; опубл. 28.03.2019, Бюл. № 10.
21. Маркова Е.В. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей. М.: Наука, 1973. 220 с.
22. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. М.: Металлургия, 1969. 159 с.
23. Мельников С.В., Алешин В.Р., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследовании сельскохозяйственных процессов. Л.: Колос, 1980. 166 с.
24. Петков А.А. Ортогональное центральное композиционное планирование в технике и электрофизике высоких напряжений. Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. 61 с.
25. Маслов Г.Г., Дидманидзе О.Н., Цибулевский В.В. Оптимизация параметров и режимов работы машин методами планирования эксперимента. М.: УМЦ «Триада», 2007. 292 с.
26. Славутский Л.А. Основы регистрации данных и планирования эксперимента. Чебоксары : Изд-во ЧГУ, 2006. 200 с.
27. Емельянов А.М., Гуров А.М. Элементы математической обработки и планирования инженерного эксперимента. Благовещенск: БСХИ, 1984. 63 с.
28. Мобильный агрегат для доения коров и его пневмоцилиндр снятия доильного аппарата / В.Ф. Ужик [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 12. С. 71-75.
29. Экспериментальные исследования устойчивости против опрокидывания мобильного агрегата для доения коров / С.И. Некипелов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (77). С. 153-157.
30. Ужик В.Ф., Некипелов С.И., Китаёва О.В., Кузьмина О.С. К обеспечению устойчивости против опрокидывания мобильного агрегата для доения коров // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. №2 (22). С. 100-118.

References

1. Gordiyevskikh M.L. Povysheniye effektivnosti mashinnogo doeniya korov putem sovershenstvovaniya tekhnologicheskogo protsessa i tekhnicheskikh sredstv ucheta tekushchikh fiziologicheskikh potrebnostey zhivotnykh. [Improving the efficiency of machine milking of cows by improving the technological process and technical means of accounting for the current physiological needs of animals]: author's abstract on competition of scientific doctor of technical Sciences: 05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization. Chelyabinsk. 2006. 32 p.
2. Prodivlyanov A.V. Mekhanizatsiya i tekhnologiya doeniya korov [Mechanization and technology of milking cows]. Saratov: FGOU VPO «Saratovskiy GAU». 2013. 36 p.

3. Revyakin E.L. Materialno-tehnicheskaya baza zhivotnovodstva: sostoyaniye. problemy, puti razvitiya [Material and technical base of livestock: state, problems, development paths] // Scientific and technical problems of mechanization and automation of animal husbandry "Promising technologies and technical means for animal husbandry: problems of efficiency and resource saving". Podolsk. 2003. Vol.12. Pp. 8-18.
4. Tendentsii razvitiya doilnogo oborudovaniya za rubezhom. [Trends in the development of milking equipment abroad.] / Tsoy Yu.A., Mishurov N.P., Kirsanov V.V., Zelentsov A.I. M.: FGNU Rosinformagrotekh. 2000. 76 p.
5. Kartashov L.P. Mashinnoye doyeniye korov [Milking cows] :M.: Kolos. 1982. 301 p.
6. Obosnovaniye konstruktivno-rezhimnykh parametrov regulatora vakuummetcheskogo davleniya adaptivnogo doilnogo apparata [Substantiation of constructive-mode parameters of the regulator of vacuum pressure of the adaptive milking machine] / V.F. Uzhik [etc.]// News of the Orenburg state agrarian University. 2017. № 3 (65). Pp. 101-105.
7. Perenosnoy manipulyator dlya doyeniya korov [Portable manipulator for milking cows]: pat. 2649668 Ros. Federatsiya. № 2017108088 / Uzhik V.F., Nekipelov S.I., Kitayeva O.V.; declared. 10.03.2017; publ. 04.04.2018. Bulletin № 10.
8. Uzhik V.F., Nekipelov S.I. Adaptivnyy manipulyator dlya doyeniya korov [Adaptive manipulator for milking cows] / Problems and solutions of the modern agrarian economy: Proceedings of the XXI all-Russian conference with international participation, may 23-24, 2017. Vol. 2. Mayskiy. Pp. 108-109.
9. Uzhik V.F., Nekipelov S.I. Perenosnoy manipulyator dlya doyeniya korov [Portable manipulator for milking cows] // Bulletin of all-Russian scientific research Institute of mechanization of animal husbandry. 2017. № 4 (28). Pp. 43-47.
10. Perenosnoy manipulyator s pochetvertnym uprav-lyayemym rezhimom doyeniya korov [Portable manipulator with quarterly controlled cow milking mode] / V.F. Uzhik, O.S. Kuzmina, O.V. Kitayeva, S.I. Nekipelov // Bulletin of all-Russian scientific research Institute of mechanization of animal husbandry. 2019. № 4 (36). Pp. 51-56.
11. Doilnyy agregat [Milking unit]: pat. 2654245 Ros. Federatsiya. № 2017110361 / Uzhik V.F., Nekipelov S.I., Kitayeva O.V., Kabashko A.A.; declared. 28.03.2017; publ. 17.05.2018. Bulletin № 10.
12. Doilnyy agregat [Milking unit]: pat. 2707518 Ros. Federatsiya/ № 2019108170 / Uzhik V.F., Nekipelov S.I., Kitayeva O.V., Kabashko A.A., Kuzmina O.S.; declared. 21.03.2019; publ. 27.11.2019. Bulletin № 33.
13. Uzhik V.F., Nekipelov S.I. Peredvizhnoy doilnyy agregat dlya korov [Mobile milking unit for cows] // Organic agriculture: problems and prospects: Proceedings of the XXII all-Russian conference with international participation, may 28-29, 2018. Vol. 1. Mayskiy. 2018. Pp. 246-248.
14. Uzhik V.F. Nekipelov S.I. Mobilnyy agregat dlya doyeniya korov [Mobile unit for milking cows] // Bulletin of all-Russian scientific research Institute of mechanization of animal husbandry. 2018. № 3 (31). Pp. 11-14.
15. Primeneniye tenzometrii v mashinostroyenii [The use of tensometry in mechanical engineering] // ed. P.Z. Petukhova, A.V. Kazantseva. M.: Mashgiz. 1956. 236 p.
16. Vadzinskiy R. Statisticheskiye vychisleniya v srede Excel. [Statistical calculations in Excel]. SPB.: Piter. 2008. 608 p.
17. Vedenyapin G.V. Obschaya metodika eksperimentalnogo issledovaniya i obrabotki opytnykh dannykh [The general methodology of experimental research and processing of experimental data] // M.: Kolos. 1973. 194 p.
18. Volf V.G. Statisticheskaya obrabotka opytnykh dannykh [Statistical processing of experimental data] // M.: Kolos. 1966. 246 p.
19. Vuchkov I., Boyadzhuyeva L., Solakov E. Prikladnoy regressionnyy analiz [Applied regression analysis] M.: Finansy i statistika .1987. 239 p.
20. Stend dlya registratsii parametrov trayektorii dvizheniya doilnogo apparata pri snyatii s vymeni korovy [Stand for recording the parameters of the trajectory of the milking machine when removing from the udder of a cow]: pat. 2683478 Ros. Federatsiya: № 2018122571 / Uzhik V.F., Nekipelov S.I., Kitayeva O.V., Kabashko A.A., Prokofyev V.V.; declared. 19.06.2018; publ. 28.03.2019. Bulletin № 10.
21. Markova E.V. Planirovaniye eksperimenta v usloviyakh neodnorodnostey [Planning an experiment under heterogeneous conditions]. M.: Nauka. 1973. 220 p.
22. Adler Yu.P. Vvedeniye v planirovaniye eksperimenta [Introduction to experiment planning]. M.: Metallurgiya. 1969. 159 p.
23. Melnikov S.V. Aleshin V.R. Roshchin P.M. Planirovaniye eksperimenta v issledovanii selskokhozyay-stvennykh protsessov [Planning an experiment in the study of agricultural processes]. L.: Kolos. 1980. 166 p.
24. Petkov A.A. Ortogonalnoye tsentralnoye kompozitsionnoye planirovaniye v tekhnike i elektrofizike vysokikh napryazheniy [Orthogonal central compositional planning in high voltage engineering and electrophysics]: Ucheb.-metod. posobiye. – Kharkov: NTU "KhPI". 2007. – 61 s.
25. Maslov G.G., Didmanidze O.N., Tsibulevskiy V.V. Optimizatsiya parametrov i re-zhimov raboty mashin me-todami planirovaniya eksperimenta [Optimization of parameters and modes of operation of machines by methods of experimental design]. M.: UMTs «Triada». 2007. 292 p.
26. Slavutskiy L.A. Osnovy registratsii dannykh i planirovaniya eksperimenta. [Basics of data logging and experiment design.] Cheboksary : Izd-vo ChGU, 2006. 200 p.
27. Emelianov A.M., Gurov A.M. Elementy matematicheskoy obrabotki i planirovaniya inzhenernogo eksperimenta. [Elements of mathematical processing and planning of an engineering experiment.]. Blagoveshchensk: BSKhI. 1984. 63 p.

28. Mobilnyy agregat dlya doeniya korov i ego pnevmotsilindr snyatiya doilnogo apparata [Mobile unit for milking cows and its pneumatic cylinder for removing the milking machine] / V.F. Uzhik [etc.] // Achievements of science and technology in agriculture. 2018. Vol. 32. № 12. Pp. 71-75.

29. Eksperimentalnyye issledovaniya ustoychivosti protiv oprokidyvaniya mobilnogo agregata dlya doeniya korov [Experimental studies of resistance against overturning of a mobile unit for milking cows] / Nekipelov S.I. [etc.] / News of the Orenburg state agrarian University. 2019. № 3 (77). Pp. 153-157.

30. Uzhik V.F., Nekipelov S.I., Kitayeva O.V., Kuzmina O.S. K obespecheniyu ustoychivosti protiv oprokidyvaniya mobilnogo agregata dlya doeniya korov [To ensure stability against overturning of a mobile unit for milking cows] // Innovations in agriculture: problems and prospects. 2019. №2 (22). Pp. 100-118.

Сведения об авторах

Ужик Владимир Федорович, доктор технических наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8-4722-392272; 89194337597, e-mail: uzhik16@rambler.ru.

Некипелов Станислав Игоревич, аспирант кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 89045327637, e-mail: Zavodnovator@gmail.com.

Китаёва Оксана Владимировна, доктор технических наук, доцент кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8-4722-39-12-80; 89107378439. e-mail: oksanauzhik@mail.ru.

Китаёв Юрий Александрович, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и экономики АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. 8-4722-39-26-97; 89038855877. e-mail: yurgenk@inbox.ru.

Information about authors

Uzhik Vladimir, doctor of technical Sciences, Professor of the Department of machinery and equipment in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. 8-4722-392272; 89194337597, e-mail: uzhik16@rambler.ru

Nekipelov Stanislav, post-graduate student of the Department of machinery and equipment in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 89045327637, e-mail: Zavodnovator@gmail.com

Kitaeva Oksana, doctor of technical Sciences, associate Professor of the Department of electrical equipment and electrical technologies in agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8-4722-39-12-80; 89107378439. e-mail: oksanauzhik@mail.ru

Kitaev Yury, PhD in Economics, associate Professor of the Department of Economic Theory and Economics of the Agro-Industrial Complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 8-4722-39 -26-97; 89038855877. e-mail: yurgenk@inbox.ru.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

УДК 68.33.29

*Е.Ж. Айшук, А.Т. Хусаинов, Р.К. Хусаинова, А.А. Сарсенова***ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА АГРОБИОНОВ НА МИКРОФЛОРУ, ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ**

Аннотация. Авторами представлены результаты полевых и лабораторных исследований по влиянию доз препарата Агробиионов на микрофлору и питательный режим чернозема обыкновенного и урожайность картофеля. Целью исследования является изучение влияния препарата Агробиионов на микрофлору и питательный режим чернозема обыкновенного. В задачи исследования вошло изучение состава почвенных микроорганизмов и выявление уровня микробиологической активности почвы методом льяных полотен Е.Н. Мишустина; оценка влияния препарата Агробиионов на питательный режим чернозема обыкновенного; установление уровня влияния препарата Агробиионов на урожайность картофеля. Опыты проводились в Республике Казахстан, Акмолинской области на полях Учебного научно-производственного центра «Элит» (УНПЦ «Элит») при Кокшетауском государственном университете имени Ш. Уалиханова в 2017-2019 годах. Вносимые дозы препарата Агробиионов - 100-500 кг/га, расчетная доза минеральных удобрений N₂₇P₃₉. В опытах возделывался сорт картофеля – Розара. На всех исследуемых вариантах отмечено повышение микробиологической активности и улучшение азотного и фосфорного режима почвы. Внесение удобрений в дозе от 100 – 500 кг/га способствовало увеличению разложения льна полотна на 24,3-31,9% в 2017, 16% и выше в 2018, на 2,3-10% - в 2019 годах. Активация микроорганизмов наблюдается во всех периодах вегетации и клубнеобразования картофеля. Состав почвенных микроорганизмов представлен олигонитрофилами, фосформобилизующими и целлюлоза разрушающими бактериями, внесение препарата в дозе 100 кг/ га способствовало их увеличению на 89,8 млн. КОЕ/г, 87,4 млн. КОЕ/г и 20,1 млн. КОЕ/г соответственно. Внесение препарата способствовало активации микроорганизмов, за счет чего произошло увеличение азотно-фосфорного режима почвы. Благоприятная питательная среда почвы отразилась на урожае картофеля. На удобренных вариантах в 2017-2019 годах получена существенная прибавка урожая по сравнению с контролем. Основным позитивным фактором влияния препарата стало улучшение питательного режима чернозема обыкновенного и прибавка урожая товарного картофеля к контролю. В среднем за три года на варианте фон + препарат 100кг/га прибавка к контролю (9,5 т/га) составила – 31,2% или 4,3 т/га. Работа выполнена в рамках проекта: «Эколого-агрохимическая оценка применения препаратов из золашлаков и наноуглерода для удобрения черноземных почв под сельскохозяйственные культуры» по заказу Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Ключевые слова. Наноуглерод, золашлак, микрофлора, питательный режим чернозема, урожайность товарного картофеля, Chernozems.

INFLUENCE OF THE PRODUCT OF AGROBIONES ON MICROFLORA AND THE NUTRIENT REGIME OF THE ORDINARY CHERNOZEM AND THE POTATO YIELD

Abstract. The authors present the results of field and laboratory studies on the effect of doses of the drug Agrobionov on the microflora and nutritional regime of ordinary chernozem and potato productivity. The aim of the study is to study the effect of the drug Agrobionov on the microflora and nutritional regime of ordinary chernozem.

The research objectives included the study of the composition of soil microorganisms and the identification of the level of microbiological activity of the soil by means of linen paintings E.N. Mishustina; assessment of the effect of the drug Agrobionov on the nutritional regime of ordinary chernozem; establishing the level of influence of the drug Agrobionov on potato productivity. The experiments were carried out in the Republic of Kazakhstan, the Akmola region on the sidelines of the Training and Research Center "Elite" (URC "Elite") at Kokshetau State University named after S. Ualikhanov in 2017-2019. The introduced doses of the Agrobionov preparation are 100-500 kg / ha, the calculated dose of N₂₇P₃₉ mineral fertilizers. In experiments, cultivated a variety of potatoes - Rosar. In all studied variants, an increase in microbiological activity and an improvement in the nitrogen and phosphorus regime of the soil were noted. Fertilizing in a dose of 100 - 500 kg / ha contributed to an increase in the flax decomposition of linen by 24.3-31.9% in 2017, 16% and higher in 2018, and by 2.3-10% in 2019. Activation of microorganisms is observed in all periods of vegetation and potato tuberization. The composition of soil microorganisms is represented by oligonitrophils, phosphobilizing and cellulose-destroying bacteria, the introduction of the drug at a dose of 100 kg / ha contributed to their increase by 89.8 million CFU/g, 87.4 million CFU / g and 20.1 million CFU / g respectively. The introduction of the drug contributed to the activation of microorganisms, due to which there was an increase in the nitrogen-phosphorus regime of the soil. The favorable nutrient medium of the soil was reflected in the potato crop. On fertilized options in 2017-2019, a significant increase in yield was obtained compared to the control. The main positive factor in the influence of the drug was the improvement of the nutritional regime of ordinary chernozem and an increase in the yield of marketable potatoes for control. On average, over the course of three years, on the background + drug option 100kg / ha, the increase in control

(9.5 t / ha) was 31.2% or 4.3 t/ha. The work was carried out as part of the project: “Environmental-agrochemical assessment of the use of preparations from ash and nanocarbon for fertilizing chernozem soils for agricultural crops” by order of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan.

Keywords. Nanocarbon, ash and slag, microflora, nutrient regime of chernozem, productivity of marketable potatoes, Chernozems.

Введение. Представление того, что почва является лишь субстратом биогенного происхождения, нуждающийся в определенных химических и физических свойствах, обеспечивающих достаточное минеральное питание культурных растений привело к возвышению средств химизации почвы и малому пониманию ее биологической ценности [1]. Обязательным компонентом любой агроэкосистемы являются микроорганизмы. В окультуренных почвах их количество может достигать до нескольких миллиардов в 1 грамме почв, общей массой до 10 т/га [2]. Микроорганизмы обеспечивают постоянный круговорот веществ в почве, широко известно свойство микроорганизмов фиксировать в ней питательные элементы, необходимые для роста и развития сельскохозяйственных культур, картофеля в частности [3].

Как известно, для роста и развития картофеля требуется целый ряд различных питательных элементов в усвояемой форме: макроэлементы (азот - N, фосфор - P₂O₅, калий - K₂O); мезоэлементы (в основном Mg, Ca, S); микроэлементы (B, Zn, Cu и др.). Однако, для восполнения питательных элементов возможно при внесении N,P,K в соотношении 50:25:25%. Экономическое состояние фермеров не позволяет использование дорогостоящих удобрений в таких объемах. Необходимость поиска новых источников удобрения, способствующих улучшению физико-химических и биологических характеристик стало крайней необходимостью [4].

Все вышеуказанное создает предпосылки для исследований поликомпонентного удобрения из отходов промышленности – Агробиионов на количественный и качественный показатель содержания микроорганизмов в почве, их активность, влияние на питательный режим чернозема обыкновенного и урожайность картофеля [5].

Таким образом, совокупность нерешенных проблем в данной области послужила основой для определения цели и постановки задач исследования [6].

Цель исследования: Изучить влияние препарата Агробиионов на микрофлору и питательный режим чернозема обыкновенного.

Задачи:

- изучить состав почвенных микроорганизмов и выявить уровень микробиологической активности почвы по средством льяных полотен Е.Н. Мишустина;
- оценить влияние препарата Агробиионов на питательный режим чернозема обыкновенного.
- установить влияние препарата Агробиионов на урожайность картофеля.

Условия и методика. Изучение влияния углеродсодержащего поликомпонентного препарата Агробиионов из отходов промышленности на микробиологическую активность чернозема обыкновенного проводились в 2017-2019 году на посадках картофеля учебного научно-производственного центра «Элит» Кокшетауского государственного университета им. Ш. Уалиханова.

Объекты исследования: 1) углеродсодержащий поликомпонентный препарат из золошлаков и наноуглерода. Состав препарата: углерод, оксид кремния, алюминий, железо и макроэлементы – кальций, сера, магний, натрий, влажность - 14-30%, насыпная плотность 610 кг/м³, размер гранул 0,6-0,5 мм [7]; 2) сорт картофеля «Розара». В опытах применялась зональная технология его возделывания.

Предмет исследования: количественный и качественный показатель содержания микроорганизмов и их активность под действием препарата.

Почва опытных участков – чернозем обыкновенный, среднемощный, среднегумусный, тяжелосуглинистый. В пахотном слое почвы содержится 6,0 - 6,1% гумуса, обеспеченность легкогидролизуемым азотом низкая - 36,7-46 мг/кг, подвижным фосфором очень низкая – 10-17 мг/кг и обменным калием высокая – 585-645 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора слабо кислая (рН – 6,1).

Метеорологические условия характеризуются низким уровнем выпадения осадков. За вегетационный период 2017 года выпало всего 164,3 мм, при средней температуре 12,8⁰С; это характеризует данный год как умеренно-засушливый. В 2018 году в зоне черноземных почв на большей части территории осенние запасы почвенной влаги в метровом слое почвы составляли: 42,3-63,3 мм. В 2019 году запасы влаги составляли 43,6-54,3 мм, при средней температуре 15⁰С. Это – средние показатели, близкие к многолетним данным.

Опыт 1: «Уровень микробиологической активности черноземных почв Северного Казахстана в зависимости от доз углеродосодержащими отходами промышленности» в 2017-2019 г., закладывался по следующей схеме:

- 1) Контроль – без удобрений; 2) P₃₀ – фон; 3) Фон + препарат 100 кг/га;
- 4) Фон + препарат 200 кг/га; 5) Фон + препарат 300 кг/га; 6) Фон + препарат 400 кг/га; 7) Фон + препарат 500 кг/га;

Опыт 2: Сравнительная оценка качественных и количественных показателей активности микроорганизмов при внесении поликомпонентного углеродсодержащего препарата и минеральных удобрений закладывался по следующей схеме:

- 1) Контроль – без удобрений;
- 2) Фон + препарат 100 кг/га;
- 3) Расчетная доза N₂₇ P₃₉.

Площадь делянки 100 квадратных метров, учетная площадь 50 квадратных метров. Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок систематическое.

Количественный показатель микробов определялись по методике Е.Н. Мишустина, на глубину 0-20 см в трех разовой повторности закапывались льняные полотна размерами 20x10 см.

Образцы почвы отбирались ежегодно по 3 раза на глубину пахотного слоя (0-20 см): 1-й раз был отобран общий образец до внесения удобрений и посадки картофеля; 2-й раз образцы почвы отбирались в фазу бутонизации и начала цветения картофеля и 3-й раз после уборки урожая. Выкопанные влажные полотна высушивались, очищались от остатков почвы, корней и взвешивались, высчитывался общий процент разложения льна полотна.

Отбор почвенных образцов осуществлялся почвенным буром АМГ-50, на глубину пахотного слоя – 0-20 см, после каждого отбора заточки бура протирались этиловым спиртом. Численность почвенных микроорганизмов учитывали путем посева почвенной суспензии на твердые питательные среды: мясо-пептонный агар (МПА) для бактерий, утилизирующих органические соединения азота, крахмало-аммиачный агар (КАА) для микроорганизмов, потребляющих минеральный азот; среда Мишустинной – для олигонитрофилов; среда Муромцева-Герретсена для бактерий, мобилизующих минеральные фосфаты, среда Гетчинсона – для целлюлозоразрушающих микроорганизмов, водный агар с добавлением двойной аммонийно-магниево-фосфорной кислоты – для нитрификаторов; среда Чапека, подкисленная молочной кислотой – для грибов [8]. Содержание нитратного азота определяли по Грандваль-Ляжу с дисульфифеноловой кислотой. Для оценки активности микробиологических процессов были вычислены коэффициенты, отражающие доминирующее действие той или иной группы. Развитие микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (растущих на КАА), отражает коэффициент минерализации (соотношение КАА/МПА).

Выделение аммонификаторов осуществляется в результате последовательных разведений почвенной суспензии посевом на МПА. Соотношение численности бактерий МПА/КАА характеризует интенсивность процесса иммобилизации минерального азота (NH₃), образующегося при разложении органических азотсодержащих соединений микроорганизмами.

Коэффициент трансформации органического вещества (Пм) рассчитывается как произведение соотношения МПА/КАА*(МПА+КАА). По мнению автора (Муха В.Д., 1980) величина Пм свидетельствует о направленности процесса микробиологической трансформации растительных остатков либо в сторону синтеза гумусовых веществ, либо в сторону минерализации органики, поэтому отражает потенциальную интенсивность накопления гумусовых веществ в почве (Коробова Л.Н., 2013) [9]. В ходе исследования также проводились следующие

учеты и наблюдения: органическое вещество почвы (гумуса) методом Тюрина, ГОСТ 26231-91; легкогидролизуемый азот – метод Тюрина и Кононовой; подвижный фосфор и обменный калий – методом Мачигина, ГОСТ 26205-91; pH водной вытяжки потенциометрическим методом, ГОСТ 26423-85; учет урожая сплошным методом Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985 г.); статистическая обработка данных по Фишеру в изложении Б.А. Доспехова (1986 г.).

Результаты исследования. В 2017 году ходе исследования выявлено благоприятное действие доз препарата из золошлаков и наноуглерода на микробиологическую активность почвы (рисунок 1).

По данным 2017 года заметна активизация микробиологических процессов в удобренной почве: процент разложения льняного полотна на контроле составил 13%, в то время как на удобренных вариантах данный показатель увеличился в 1,8-2,8 раза (24,3-31,9%).

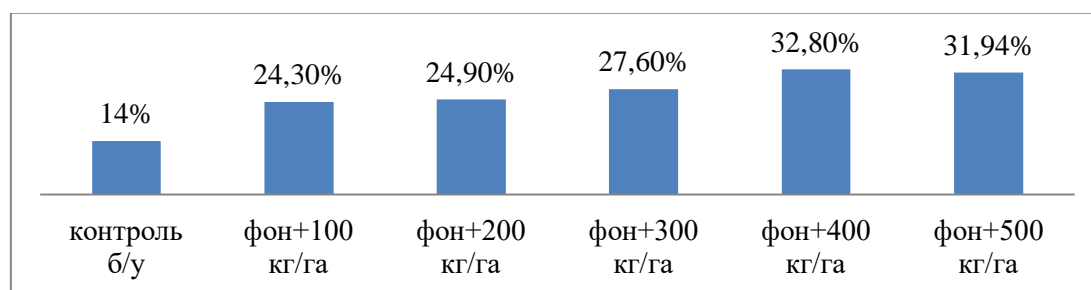


Рис. 1– Влияние доз внесения препарата из золошлака и наноуглерода на разложение льняного полотна в течении года, % (2017), НСР_{0,9}

В 2018-2019 годах разложение льняного полотна детально рассматривалась в трех фазах – прорастания клубней, вегетации и клубнеобразования картофеля. (рисунок 2-3)

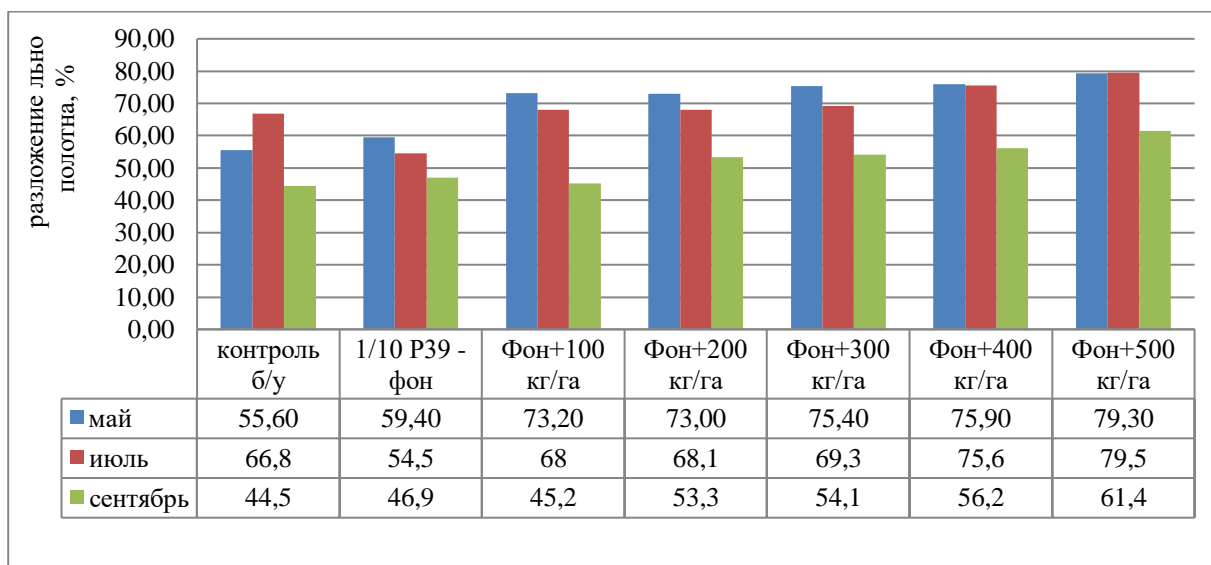


Рис. 2. Влияние доз внесения препарата Агробиионов на разложение льняного полотна в период вегетации картофеля, % (2018 год), НСР_{1,3}

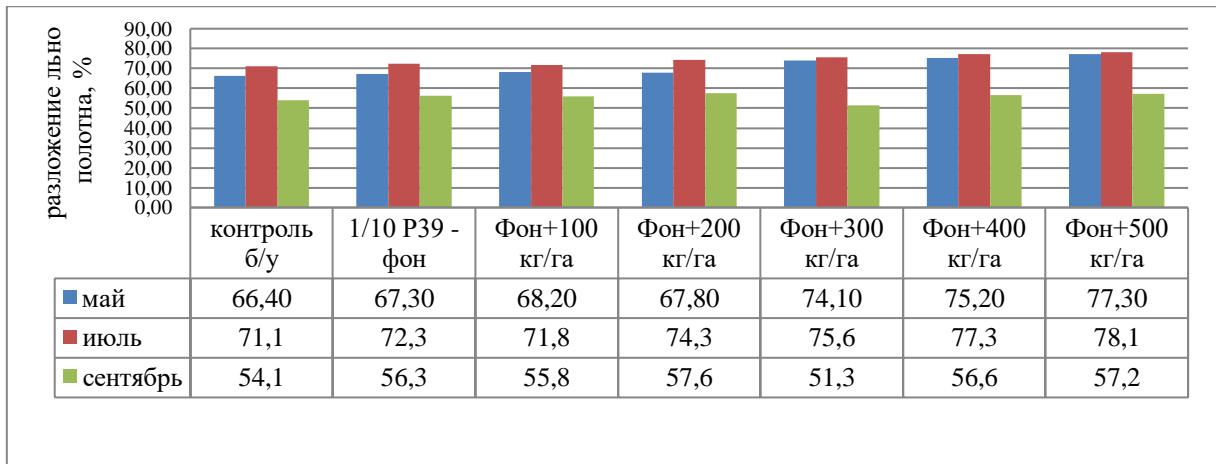


Рис. 3. Влияние доз внесения препарата Агробионов на разложение льняного полотна в период вегетации картофеля, % (2019 год), НСР_{1,1}

Весной 2018 года разложение льна полотна на контроле составило 55,60%, в то время как на вариантах доз внесения препарата 100-500 кг/га превышало 73%.

Высокий уровень разложения льна полотна на конец мая, за счет активности микроорганизмов, объясняется влажным началом месяца и его жарким завершением. Июнь и июль месяц также характеризовался интенсивным прогреванием почвы, температура воздуха составила – 23°С-33°С, в связи с чем, с увеличением доз внесения препарата от 100-500 кг/га активность микроорганизмов находился так же на высоком уровне.

На повышение микробиологической активности кроме тепла, повлияли факторы улучшения Рн-среды почвы, сохранения влаги, насыщения основаниями Са, Mg и структурность почв.

Активность микроорганизмов в осенний период, за счет понижения температуры и дожливости, заметно снизилась, однако сохранилась очевидное влияние доз внесения препарата на разложение льняного полотна – 44,5% на контроле и 45,2%-61,4% на вариантах внесения препарата.

В 2019 году в весенний период вегетации картофеля микробиологическая активность почвы на контроле была не высокой, доля разложения льна полотна составила всего 66,4% а на удобренных вариантах была выше 2,3-10%. Наиболее активные микробиологические процессы протекали на вариантах с дозами внесения препарата от 200 до 500 кг/га. В летний период микробиологические процессы активизировались: так на контроле активность разложения льна полотна составила 71,1%, а на удобренных вариантах 71,8 – 78,1%. В осенний период на контроле разложение льна полотна составило 54,1%, на удобренных вариантах активность разложения льна полотна была несколько выше – 55,8 – 57,6%.

Результаты микробиологического анализа почвенных образцов, 2018 г., млн. КОЕ/г /г абсолютно сухой почвы показало что общее число микроорганизмов на контроле составило 53,8 млн. КОЕ/г /г , внесение препарата в дозе 100 кг/га способствовало увеличению данного коэффициента до 58 млн. КОЕ/ г, на варианте расчетная доза количество микроорганизмов не возросло (рисунок 4).

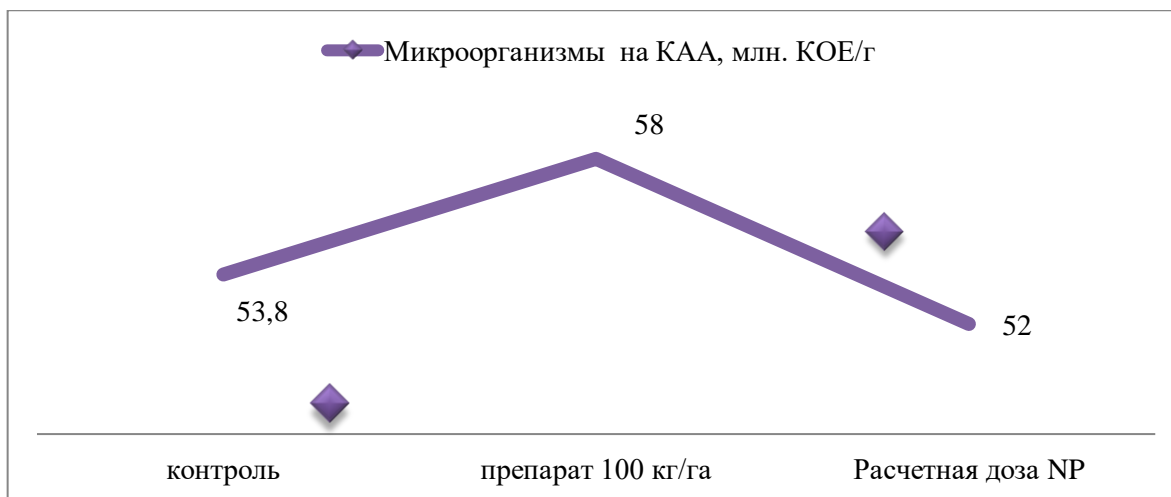


Рис.4. Влияние поликомпонентного углеродсодержащего препарата из отходов промышленности на количество микроорганизмы на КАА, млн. КОЕ/г

Численность бактерий-сапрофитов на мясо-пептонном агаре (МПА), в т.ч. аммонификаторов и микроорганизмов, потребляющих минеральный азот на крахмало-аммиачном агаре (КАА), в черноземе обыкновенном значительно выше среднего уровня (20-60 млн. КОЕ/г). Так на контроле данный показатель составил 63,3 млн. КОЕ/г, использование азотно-фосфорного удобрения способствовало его увеличению до 68,9 млн. КОЕ/г, самый лучший результат наблюдался на варианте препарат 100 кг/га. (рисунок 5)

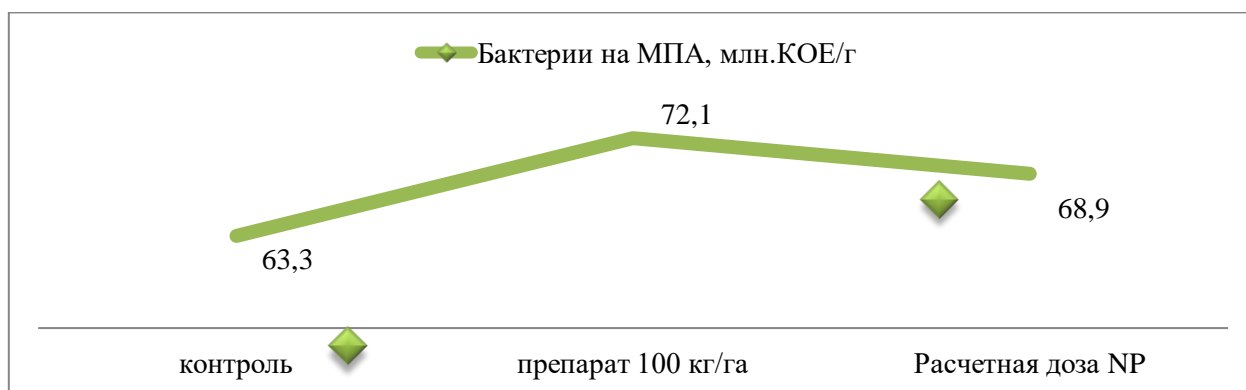


Рис. 5. Влияние поликомпонентного углеродсодержащего препарата из отходов промышленности на количество бактерий на МПА, млн. КОЕ/г

Касательно общей численности микроорганизмов особенно выделяются вариант – препарат 100 кг/га. Внесение препарата способствовало увеличению в почве олигонитрофиллов, бактерий, способных развиваться содержащих следовые количества связанного азота в виде аммиака воздуха или др. его загрязнителей. Многие ученые высказывают свое мнение о возможности фиксации ими молекулярного азота [10]. Содержание олигонитрофиллов на контроле составило 104 млн. КОЕ/г, а на варианте препарат 100 кг/га практически в 2 раза больше – 193,8 млн. КОЕ/г (рисунок 6)

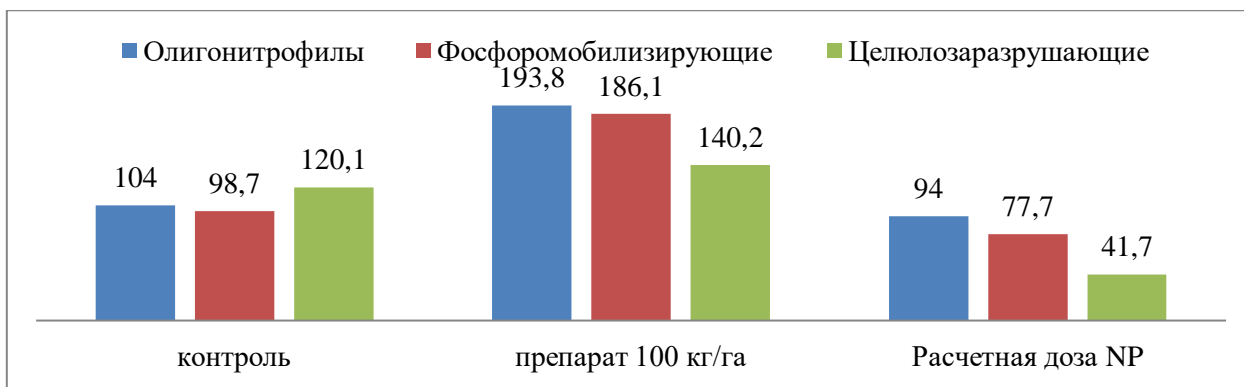


Рис.6. Влияние поликомпонентного углеродсодержащего препарата из отходов промышленности на количество микроорганизмов, млн. КОЕ/г

В образце почвы варианта с внесением Агробииона 100 кг/га на фоне фосфорного удобрения 1/10 расчетной дозы, была очень высока численность фосфатмобилизирующих бактерий – 186,1 млн. КОЕ/г, в то время как на контроле 98,7 млн. КОЕ/г. бактерий. Наличие данных бактерий говорит о том, что усвоению удобрений помогают именно микроорганизмы, способствуя мобилизации внесенного фосфорного удобрения и усвоению труднодоступного фосфора и гуминовых соединений из почвы, что повышает в данном случае, фосфорное питание растений.

Доминирующие и часто встречающиеся микроорганизмы не подавляются в большом диапазоне доз (до 3000 кг/га) минеральными удобрениями [11]. Снижение численности микроорганизмов при возрастающих дозах удобрений (расчетная доза NP), возможно, связано с проявлением токсичности состава удобрения – наличия в нем тяжелых металлов, о чем частично свидетельствует пигментация агара при определении грибов на среде Чапека. Как правило, грибы составляют 10-20% от общего количества микроорганизмов в ризосфере почвы [12]. В здоровой почве количество грибов обычно незначительно, на опытном участке при внесении препарата в дозе 100 кг/га – 33,8 тыс. КОЕ/г. что в процентном соотношении к общему количеству микроорганизмов составляет 12% (рисунок 7)/

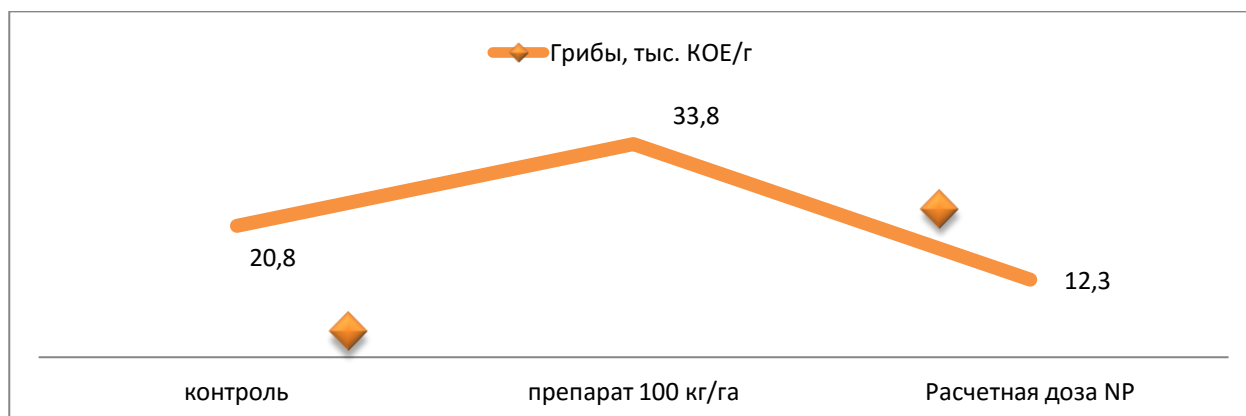


Рис. 7. Влияние Агробиионов из отходов промышленности на количество грибов, тыс. КОЕ/г

При оценке степени воздействия внесенных удобрений на микробиоту почв, определение численности микроорганизмов различных эколого-трофических групп и характер их изменений (увеличение или уменьшение) не всегда можно рассматривать как однозначно положительное или негативное явление [13]. Масштабы микробиологических процессов в почве определяются не только численностью микроорганизмов, но главным образом, их активностью. В этой связи важным является изучение влияния внесенных минеральных удобрений на интенсивность протекания в почве важнейших микробиологических процессов и их зависимость с питательным режимом.

Применение различных доз препарата позволило улучшить питательный режим чернозема обыкновенного. Обеспеченность почв усвояемыми питательными элементами для различных сельскохозяйственных культур разная, картофель по данному признаку относится ко II-й категории культур повышенного выноса. Причем, вынос питательных элементов картофелем из почвы в процессе вегетации резко отличается, в период клубнеобразования вынос питательных элементов повышается.

Из таблицы 1 видно что, по состоянию на 2017 год содержание легкогидролизуемого азота на контрольном варианте в фазу цветения картофеля снизилось в 2 раза по сравнению с контролем, что объясняется интенсивным выносом питательных веществ в процессе вегетации растений.

Таблица 1 – Влияние доз углеродосодержащего препарата на питательный режим чернозема обыкновенного в 2017-2018 гг., слой 0-20 см.

№	Варианты	Год	Показатели, мг/кг							
			в фазу цветения и бутонизации				после уборки урожая.			
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH
	До внесения	2017	36,67	10,00	645	6,1	36,67	10,00	643	6,1
		2018	46,0	17,0	582	6,0	46,0	17,0	585	6,0
1	Контроль без удобрения	2017	19,60	13,00	620	6,0	19,60	8,00	614	6,0
		2018	34,0	09,0	643	7,6	24,0	12,0	626	7,7
2	1/10 P ₃₉ – фон	2017	27,33	25,00	677	6,1	27,64	20,00	618	6,0
		2018	34,0	11,0	615	7,7	31,0	08,0	613	7,8
3	Фон + препарат 100кг/га	2017	33,90	27,00	645	7,2	39,80	21,00	645	7,3
		2018	51,0	10,0	654	7,3	34,0	10,0	626	7,4
4	Фон + препарат 200кг/га	2017	35,71	29,00	625	7,3	45,21	19,00	621	7,1
		2018	64,0	11,0	631	7,4	37,6	11,0	613	7,6
5	Фон + препарат 300кг/га	2017	36,98	31,00	593	7,2	44,32	20,00	593	7,2
		2018	71,0	10,0	612	7,4	41,0	12,0	642	7,5
6	Фон + препарат 400кг/га	2017	38,04	30,00	729	7,2	44,12	24,00	698	7,2
		2018	90,0	12,0	521	7,5	48,6	13,0	701	7,4
7	Фон + препарат 500кг/га	2017	38,06	30,00	647	7,3	44,12	22,00	630	7,3
		2018	94,0	15,0	710	7,7	54,3	14,0	689	7,4

На вариантах внесения препарата 100 кг/га, и с повышением доз до 500 кг/га, содержание азота восполнялось внесенными удобрениями и находилось в пределах изначального содержания до внесения препарата и посадки картофеля.

Содержание подвижного фосфора на вариантах увеличивалось в 1,5-3 раза, в зависимости от дозы вносимого препарата, что связано с наличием фосфоромобилизирующих бактерий. Содержание обменного калия на всех вариантах было высоким. Применение препарата способствовало нейтрализации почвенной среды. Показатели гумуса отсавались в пределах 4,13-5,03%, что соответствует средней обеспеченности.

В 2018 году, перезакладка опыта показала увеличение содержания легкогидролизуемого азота в почве на удобренных вариантах. Обеспеченность почвы азотом на контроле составила 34,0 мг/кг, что соответствует низкому показателю. Внесение препарата в дозе 100 кг/га способствовало повышению данного показателя до среднего уровня – 51,0 мг/кг. Дозы препарата 200-300 кг/га увеличили обеспеченность азотом в 2 раза – 64,0 и 71,0 мг/кг, что соответствует повышенному уровню. Содержание азота на вариантах 400 и 500 кг/га превысило планку 90 мг/кг, что соответствует высокому уровню обеспеченности почв азотом.

Содержание подвижного фосфора на всех вариантах оставалось низким, исключение составляет вариант препарат 500 кг/га, где обеспеченность почвы увеличилась с очень низкого до низкого уровня – 15 мг/кг

Следует отметить, что основное количество фосфора для растений труднодоступно, в сравнении с азотом и калием, фосфор сильнее закрепляется почвами в неподвижные формы. Естественных путей возобновления запасов фосфора в отличие от азота в почвах нет [14].

Обеспеченность почвы обменным калием на всех вариантах отмечалась как очень высокая. рН-среда на вариантах близка к нейтральной. Обеспеченность гумусом средняя (4,04-4,3%).

Потребление элементов питания у картофеля происходит в течение всего периода вегетации. В начальный период использование питательных веществ растениями существенно опережает образование сухого вещества. Наиболее интенсивное поступление питательных веществ в растения наблюдается в период усиленного роста ботвы — в фазы бутонизации и цветения. К началу цветения картофель использует примерно 45-50% N, 35-40 P₂O₅ и 55-60% K₂O от максимального потребления их растениями. К фазе полного цветения, когда начинается формирование клубней, картофель потребляет 70-75% N, 50-55 P₂O₅, 60-65% K₂O от максимального выноса их урожаем [15].

Осенние показатели обеспеченности почв питательными веществами характеризуются высоким уровнем выноса питательных веществ из почвы урожаем картофеля. В 2017 году после уборки картофеля с учетом фактора выноса питательных веществ из почвы урожаем, наблюдалось более высокое остаточное количество легкогидролизуемого азота в почве на вариантах внесения препарата в дозах 100-500 кг/га, в то время как на контроле почва истощена по азотному показателю, который в сравнении с изначальным показателем обеспеченности снижен в 2 раза.

Содержание подвижного фосфора на вариантах внесения препарата увеличилось в 2 раза. Содержание обменного калия на всех вариантах оставалось высоким. Применение препарата, на фоне фосфора способствовало нейтрализации почвенной среды: на контроле Рн составила 6,0, а на удобренных вариантах – 7,2-7,7. Показатели гумуса находились на среднем уровне обеспеченности.

Исследования 2018 года подтвердили факт улучшения азотного режима почвы углеродосодержащим препаратом.

Интенсивное формирование клубней стало причиной выноса питательных веществ. Так обеспеченность почвы азотом на контроле резко упала со средней 46,0 мг/кг до очень низкой – 24,0 мг/кг. На вариантах внесения препарата в дозах 100 и 200 кг/га снижение азотного режима менее заметно, 31,0 до 34,0 мг/кг что соответствует низкому показателю обеспеченности. На вариантах 300-400 кг/га уровень обеспеченности почв азотом повысилась до средней (41,0 – 48,6 мг/кг). Увеличению обеспеченности почв азотом со среднего до повышенного уровня способствовала доза препарата 500 кг/га.

Роль фосфора в период клубнеобразования особо важна, так как достаточное количество фосфора способствует существенному возрастанию общего количества клубней на один куст. Снижение уровня фосфора в осенних почвенных образцах объясняется его выносом в момент интенсивного клубнеобразования, так обеспеченность почвы на момент уборки составила от 8 до 14 мг/кг, что соответствует очень низкому показателю.

Основным показателем плодородия почвы и эффективности вносимых удобрений является урожайность сельскохозяйственных культур.

Картофель в Казахстане является одним из самых потребляемых продуктов растениеводства. По данным Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан, площадь, занятая под картофелем в 2016 году составила по РК 186,8 тысяч га, в 2017 году – 190,6 тысяч га. Таким образом, в 2017 году посевная площадь картофеля возросла на 3,8 тысяч га, или на 2,03%. Среднее потребление картофеля на душу населения в Казахстане составляет 110 кг в год на человека [16]. Исходя из чего, получение высоких урожаев картофеля является приоритетной задачей агропромышленного комплекса в обеспечении продовольственной безопасности Республики Казахстан – в начало статьи

Исследование влияния мелиоративного препарата из золошлака и наноглерода на урожайность картофеля показало что, дозы препарата от 100 до 500 кг, дают существенную прибавку урожайности (табл. 2-3).

В среднем за 3 года урожайность на контроле составила 9,5 т/га. Прибавка на варианте препарат 100 кг/га составила 4,3 т/га (31,2%), наибольшая урожайность наблюдается на варианте препарат 400 кг/га, где урожайность составила 16,7 т/га или 43,1%.

Таблица 2 – Влияние доз внесения препарата из золошлака и наноглерода на урожайность картофеля по товарной массе, 2017 – 2019 гг.

№	Варианты	Урожайность т/га				Прибавка к контролю	
		2017 г	2018 г	2019 г	Среднее	т/га	%
1	Контроль без удобрения	4,8	8,4	15,3	9,5	-	-
2	1/10 P – фон	6,1	9,1	17,0	10,7	1,2	11,2
3	фон + препарат 100кг/га	11,8	10,4	19,2	13,8	4,3	31,2
4	фон + препарат 200кг/га	9,4	10,7	19,3	13,1	3,6	27,5
5	фон + препарат 300кг/га	7,9	13,7	22,3	14,6	5,1	34,9
6	фон + препарат 400кг/га	11,9	15,2	22,9	16,7	7,2	43,1
7	фон + препарат 500кг/га	8,9	15,6	22,7	15,7	6,2	39,5
	НСР 0,05	1,1	1,1	1,2	1,1		

В сравнении с расчетной дозой удобрений азота и фосфора, предлагаемый препарат с учетом меньших экономических затрат дает отличную прибавку урожайности к контролю - 49,9%. Урожайность на варианте Расчетная доза N₂₇P₃₉ - составила 74,1%.

Таблица 3 – Влияние препарата из золошлака и наноглерода и минеральных удобрений на урожайность товарного картофеля, 2018 г.

Варианты	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%
контроль - без удобрения	11,8	-	-
препарат 100 кг/га+1/10P ₃₉	17,7	5,9	49,9
Расчетная доза N ₂₇ P ₃₉	20,5	8,7	74,1
НСР 0,05		1,0	

По состоянию урожайности 2017 и 2019 годов можно заметить, что урожайность товарного картофеля на прямую зависит от активации почвенных микроорганизмов за счет внесения препарата. Исходя из данных таблицы 2 следует заключить, что препарат является безусловным стимулятором урожайности.

Заключение. Внесение удобрений в дозе от 100 – 500 кг/га способствовало увеличению разложения льна полотна на 24,3-31,9% в 2017, 16% и выше в 2018, на 2,3-10% - в 2019 годах. Активация микроорганизмов наблюдается во всех периодах вегетации и клубнесозревания картофеля. Состав почвенных микроорганизмов представлен олигонитрофилами, фосформобилизующими и целлюлоза разрушающими бактериями, внесение препарата в дозе 100 кг/ га способствовало их увеличению на 89,8 млн. КОЕ/г, 87,4 млн. КОЕ/г и 20,1 млн. КОЕ/г соответственно. Внесение препарата способствовало активации микроорганизмов, за счет чего произошло увеличение азотно-фосфорного режима почвы. Благоприятная питательная среда почвы отразилась на урожае картофеля, так в среднем за два года на варианте фон + препарат 100кг/га прибавка к контролю (9,5 т/га) составила – 31,2% или 4,3 т/га.

Библиография

1. Миненко А.К. Регулирование биологической активности дерново-подзолистых почв (на примере Центральных районов Нечерноземной зоны): автореферат диссертации доктора с/х наук: 03.00.27 / Миненко А.К. – М., 1991. 41 с.
2. Овсяников Ю.А. Теоретические основы эколого-биосферного земледелия [Текст] / Ю.А. Овсяников. – Екатеринбург, 2000. – 263 с.

3. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии /почва и микроорганизмы [Текст] / Д.Г. Звягинцев. – М. издательство МГУ. – 1987. – 256 с.
4. Микроорганизмы и охрана почв [Текст] / под ред. Д.Г. Звягинцева // М.: МГУ, 1989. – 206 с.
5. Фрунзе Н.И. Почвенная микробная биомасса как резерв биогенных элементов [Текст] / Н.И. Фрунзе // Агрохимия. – 2005. - №9, - С20-23.
6. А.Т. Хусаинов Маркетинговое исследование возможности использования золошлаков в качестве удобрения на аграрном рынке Северных регионов Казахстана [Текст] / Исакаев А.Ж., Айшук Е.Ж., Тарчуков В. // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина (междисциплинарный), № 2(97). Казахстан, Астана, 2018 г. – С. 94-102.
7. A.K. Mukhanbet, A.T. Khusainov, A.M. Balgabayev, A.R. Zhumakayev. Effectiveness of the alternative fertilizer application on spring wheat on chernozem soils in Northern Kazakhstan. International conference on Agricultural, Civil and Environmental Engineering. Istanbul, 2016 – P. 77-80
8. Mittra B.N., S. Karmakar, D.K. Swain, B.C. Ghosh. Fly Ash – a Potential source of soil amendment and a component of integrated plant nutrient supply system. International Ash Utilisation Symposium, Center for Applied Energy, 2003. [Online]. (01.03.2003). Available at: <http://www.flyash.info/2003/28mit.pdf>
9. Сарсенова А.А., Хусаинов А.Т. Изучение возможности использования смеси летучей золы и отходов производства для повышения плодородия лугово-черноземных солонцов, Вестник академии «Кокше»: Сборник научных трудов, Кокшетау, 2011 г., с.- 25-28.
10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
11. Суров, В.В. Влияние удобрений и флавобактерина на урожайность и качество клубней картофеля [Текст] / В.В. Суров, О.В. Чухина // Молочнохозяйственный вестник. - 2012. - №2 (6). - С.12-17.
12. Чухина, О.В. Семеноводство картофеля с основами сортоведения в Северозападной зоне РФ: учебное пособие [Текст] / О.В. Чухина, Е.И. Куликова, Е.Б. Карбасникова. - Вологда-Молочное: ИЦ Вологодская ГМХА, 2016. - 100 с. Симаков, Е.А. Хозяева родной земли / Е.А. Симаков // Картофель и овощи. - 2013. - №7. - С. 24-26.
13. Аристовская Т.В. Большой практикум по микробиологии [Текст] / Т.В. Аристовская М.Е. Владимирская, М.М. Голлербах и др. // М.: Высшая школа, 1962. – 490 с.
14. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв [Текст] / Е.В. Аринушкина // М.: МГУ, 1970. – 325 с.
15. Муха В.Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов [Текст] / В.Д. Муха // Сб. науч. трудов Харьковского СХИ– Харьков, 1980. – Т. 273. – С. 13-16.
16. Коробова Л.Н. Научно методические рекомендации по использованию микробиологических показателей для оценки состояния пахотных почв Сибири [Текст] / Л.Н. Коробова, А.В. Танатова, С.А. Феропонтова, А.В. Шинделов // Новосиб. ГАУ. – Новосибирск: НГАУ, 2013. – 39 с.

References

1. Minenko A.K. Regulirovanie biologicheskoy aktivnosti dernovo-podzolistykh pochv (na primere Central'nyh rajonov Nechernozemnoj zony): avtoreferat dissertacii doktora s/h nauk: 03.00.27 [Text] / Minenko A.K. –М., 1991. 41 s.
2. Ovsyanikov YU.A. Teoreticheskie osnovy ekologo-biosfernogo zemledeliya [Text] / YU.A. Ovsyanikov. – Ekaterinburg, 2000. – 263 s.
3. Zvyagincev D.G. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii [Text] /pochva i mikroorganizmy/ D.G. Zvyagincev. – М. izdatel'stvo MGU. – 1987. – 256 s.
4. Mikroorganizmy i ohrana pochv [Text] / pod red. D.G. Zvyaginceva // М.: MGU, 1989. – 206 s.
5. Frunze N.I. Pochvennaya mikrobnaya biomassa kak rezerv biogennyh elementov / N.I. Frunze // Agrohimiya. – 2005. - №9, - S20-23.
6. A.T. Husainov Marketingovoe issledovanie vozmozhnosti ispol'zovaniya zoloshlakov v kachestve udobreniya na agrarnom rynke Severnyh regionov Kazahstana [Text] / Iskakov A.ZH., Ajshuk E.ZH., Tarchukov V. // Vestnik nauki Kazahskogo agrotekhnicheskogo universitetaim. S. Sejfullina (mezhdisciplinarnyj), № 2(97). Kazahstan, Astana, 2018 g. – S. 94-102.
7. A.K. Mukhanbet, A.T. Khusainov, A.M. Balgabayev, A.R. Zhumakayev. Effectiveness of the alternative fertilizer application on spring wheat on shernozem soils in Northern Kazakhstan. International conference on Agricultural, Civil and Environmental Engineering. Istanbul, 2016 – P. 77-80
8. Mittra B.N., S. Karmakar, D.K. Swain, B.C. Ghosh. Fly Ash – a Potential source of soil amendment and a component of integrated plant nutrient supply system. International Ash Utilisation Symposium, Center for Applied Energy, 2003. [Online]. (01.03.2003). Available at: <http://www.flyash.info/2003/28mit.pdf>
9. Sarsenova A.A., Husainov A.T. Izuchenie vozmozhnosti ispol'zovaniya smesi letuchej zoly i othodov proizvodstva dlya povysheniya plodorodiya lugovo-chernozemnyh soloncov, Vestnik akademii «Kokshe»: Sbornik nauchnyh trudov, Kokshetau, 2011 g., s.- 25-28.
10. Dospikhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Text] / B.A. Dospikhov. - 5-e izd., pererab. i dop. - М.: Agropromizdat, 1985. - 351 s.
11. Surov, V.V. Vliyanie udobrenij i flavobakterina na urozhajnost' i kachestvo klubnej kartofelya [Text] / V.V. Surov, O.V. CHuhina // Molochnohozyajstvennyj vestnik. - 2012. - №2 (6). - S.12-17.

12. CHuhina, O.V. Semenovodstvo kartofelya s osnovami sortovedeniya v Severozapadnoj zone RF: uchebnoe posobie [Text] / O.V. CHuhina, E.I. Kulikova, E.B. Karbasnikova. - Vologda-Molochnoe: IC Vologodskaya GMHA, 2016. - 100 s. Simakov, E.A. Hozyaeva rodnoj zemli / E.A. Simakov // Kartofel' i ovoshchi.- 2013. - №7. - S. 24-26.
13. Aristovskaya T.V. Bol'shoj praktikum po mikrobiologii [Text] / T.V. Aristovskaya M.E. Vladimirskaya, M.M. Gollerbah i dr. // M.: Vysshaya shkola, 1962. – 490 s.
14. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv [Text] / E.V. Arinushkina // M.: MGU, 1970. – 325 s.
15. Muha V.D. O pokazatelyah, otrazhayushchih intensivnost' i napravlennost' pochvennyh processov [Text] / V.D.Muha //Sb. nauch. trudov Har'kovskogo SKHI– Har'kov, 1980. – Т. 273. – S. 13-16.
16. Korobova L.N. Nauchno metodicheskie rekomendacii po ispol'zovaniyu mikrobiologicheskikh pokazatelej dlya ocenki sostoyaniya pahotnyh pochv Sibiri [Text] / L.N. Korobova, A.V. Tanatova, S.A. Ferapontova, A.V. SHindelov // Novosib. GAU. – Novosibirsk: NGAU, 2013. – 39 s.

Сведения об авторах

Айшук Едиль Жумабекулы – магистр естественных наук, научный сотрудник.

Хусаинов Абильжан Токанович – доктор биологических наук, профессор, академик АСХН РК, РАЕ и МАНЭБ.

Хусаинова Разия Каирбековна – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор РАЕ.

Сарсенова Анар Абильжановна – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник кокшетауского государственного университета имени Ш. Уалиханова,, 020000, Республика Казахстан, город Кокшетау edil_94.03@mail.ru

Information about authors

Aishuk Yedil Zhumabekuly - master of nature science, researcher.

Khusainov Abilzhan Tokanovich - Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, RAE and MANEB.

Khusainova Razia Kairbekovna - candidate of agricultural sciences, professor of RAE.

Sarsenova Anara Abilzhanovna - candidate of agricultural sciences, researcher Kokshetau State University named after Sh. Ualikhanov, 020000, Republic of Kazakhstan, the Kokshetau city, edil_94.03@mail.ru

С.Ю. Булыгин, С.В. Витвицкий, Л.И. Кучер, Д.О. Антонюк.

АГРОФИЗИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЯМОГО СЕВА И NO-TILL

Аннотация. Экспериментально установлено, что десятилетнее применение прямого сева в целом не вызывает существенных изменений макроструктурного состояния почвы по сравнению с отвальной вспашкой, однако на его удобренных фонах возрастает комковатость (показатель дефляционной устойчивости) и средневзвешенный диаметр водостойких агрегатов (показатель водноэрозионной устойчивости). Вместе с этим наблюдается ухудшение микроагрегатного состояния почвы, обусловленное отсутствием протекторного 3-4-сантиметрового слоя растительных остатков, который и будет четким признаком начала системы земледелия No-till. Величина технологического норматива (Тн) не соблюдается даже в условиях прямого сева, что есть дополнительным свидетельством несоответствия набора культур севооборота, как для системы No-til, так и для чернозема в целом. Десятилетнее применение прямого сева на черноземе типичном легкосуглинистом приводит к его агрофизической деградации вследствие уменьшения микроагрегированности почвы и существенно не увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур. Переходный период от прямого сева на систему No-till должен быть максимально кратким (не более 4 лет). Система земледелия No-till начинается с момента создания 3-4 сантиметрового слоя мульчи на поверхности почвы при условии 100% ее покрытия. Агрофизическое состояние почвы зависит от отношения энергоемкости побочной продукции сельскохозяйственных культур к суммарной энергоемкости топлива и удобрений и по нашим экспериментальным данным величина технологического норматива (Тн) для черноземных почв должна быть не менее, чем 8,5.

Ключевые слова: макроструктура, элементарные почвенные частицы (ЕПЧ), коэффициент микроагрегированности, технологический норматив энергетической нагрузки.

AGROPHYSICAL AND ENERGY ASPECTS OF DIRECT SEED AND NO-TILL

Abstract. It has been experimentally established that a ten-year use of direct sowing as a whole does not cause significant changes in the macrostructural state of the soil compared to dump plowing, however, on its fertilized backgrounds, lumpiness (an indicator of deflation stability) and the weighted average diameter of water-resistant aggregates (an indicator of water erosion resistance) increase. deterioration of the microaggregate state of the soil, due to the lack of a protective 3-4-cm layer of plant residues, which is a clear sign of the beginning of the system of agriculture No-till. Velichina technological standards (TH) is not observed even under direct seeding, there is additional evidence of non-compliance set crop rotation, for No-til the system, and for black earth as a whole. The ten-year use of direct sowing on typical loamy chernozem leads to its agrophysical degradation due to a decrease in soil microaggregation and does not significantly increase the yield of agricultural crops. The transition period from direct sowing to the No-till system should be as short as possible (no more than 4 years). The No-till farming system starts from the moment of creating a 3-4 centimeter layer of mulch on the soil surface, provided that it is 100% covered. The agrophysical state of the soil depends on the ratio of the energy intensity of by-products of crops to the total energy intensity of fuel and fertilizers, and according to our experimental data, the value of the technological standard (T) for chernozem soils should be no less than 8.5.

Keywords: macrostructure, elementary soil particles, microaggregation coefficient, technological standard of energy load.

Переход на систему No-till – это не просто замена системы обработки почвы, а фактически новая система земледелия [1]. В мире, площадь, на которой применяется эта система, составляет около 105 млн. га, из них 87 млн. га приходится на США, Канаду, Бразилию, Аргентину та Австралию и ежегодно площади под такую систему возрастают примерно на 1 млн. га. В Европе, включая ее восточную часть, объемы внедрения технологии No-till составляют 2,5-3% от мирового использования [2]. Статистических данных касательно освоения подобных технологий в Украине недостаточно, хотя согласно исследований В.В. Медведева, оптимально возможно применять «нулевую» обработку на площади 2,54 млн. га, а благоприятно – на площади 12,17 млн. га [3].

Во время перехода от традиционной технологии обработки на систему No-till проявляются как ее позитивные, так и негативные стороны. К первым не обходимо отнести энергоэкономичность и существенное уменьшение трудовых расходов, резкое уменьшение технологического влияния на почву, надежную противодефляционную защиту, существенное уменьшение риска водно-эрозионной опасности [4,5]. Другая сторона внедрения «нулевой» технологи

состоит в виде возникновении ряда наглядных негативных последствий: тенденция к возрастанию плотности и твердости почвы, уменьшение водопроницаемости, увеличение засоренности и заболеваний культур (особенно в первые 3-4 года) и значительное возрастание расходов на технику и средства химической защиты растений [6].

В Украине, благодаря агрохолдингам, возникла еще одна негативная тенденция, при которой «нулевая» технология выращивания так называемых рыночно рентабельных сельскохозяйственных культур ведет к уничтожению товарного животноводства. Это обусловлено, с одной стороны, гонкой за прибылью при минимуме работников, что ведет к упадку сел, а, с другой, объективно «ноль» тяжело комплектуется кормовыми культурами – базой животноводства. Это острая проблема, но она не входит в тренд данной статьи, хотя ее необходимо срочно решать, поскольку продажа сырья в виде зерна истощает почвы и кормит «золотой» миллиард и ведет к обнищанию украинского агрария.

Сложилась парадоксальная ситуация, когда не только агрохолдинги, но и фермеры широко применяют No-till на фоне крайне слабого научного сопровождения. К сожалению, в системе НААН Украины так и не создано сети научных полигонов для исследования этой новой системы земледелия.

По нашему мнению, имеет место полное игнорирование понятий «прямой сев» и «нулевая технология». Представляется, что когда перестал обрабатывать почву – это и есть No-till. Но констатировать наличие «нулевой» технологии выращивания культур возможно лишь при формировании на поверхности почвы 3-4-сантиметрового слоя из растительных остатков при 100% покрытии. До этого момента можно вести речь только о так называемом переходном периоде.

Цель исследований. Провести агрофизическую экспертизу чернозема типичного сверхмощного малогумусного легкосуглинистого Левобережной Лесостепи Украины по показателям структурно-агрегатного и гумусного состояния, определить показатель технологического норматива (Тн) в период перехода от прямого сева на систему No-till.

Методика исследований. Исследования проводились в условиях полевого стационарного опыта Панфильской опытной станции ННЦ «Институт земледелия НААН», расположенной в Яготинском районе Киевской области. Почва- чернозем типичный сверхмощный малогумусный легкосуглинистый, строение и описание профиля которого представлены на рис. 1. Необходимо отдельно отметить, что это не просто почва, а чудо природы. По всей глубине двухметрового генетического профиля плотность почвы (объемный вес) не превышает 1,22 г/см³, карбонаты почти на поверхности. Такую почву даже не нужно обрабатывать: сей и собирай урожай – сказочная ситуация.

Во-первых, это одна из наилучших почв в мире, а во-вторых, в номенклатурном списке почв Украины она в первую очередь пригодна к применению технологии No-till.

Строение и описание профиля почвы.

A(k) $\frac{0-63}{63}$ см; гумусовый, в верхней части: свежий; темно-серый; легкосуглинистый; комковато-пылевато-зернистый; рыхлый; тонкопористый; карбонаты вскипают с глубины 10 см; червороины, копролиты дождевых червей, кротовина заполнена материнской породой; корни вертикально, редко, тонкие; в нижней части: свежий; темно-серый; легкосуглинистый; комковато-непрочнoзернистый; слегка уплотнен; тонкопористый; карбонатный; червороины, копролиты дождевых червей, кротовина заполнена материнской породой; корни вертикально, редко, тонкие; переход постепенный; линия ровная.

ABk $\frac{63-90}{27}$ см; верхний переходной; свежий; желтовато-серый; верхняя часть более гумусированная; среднесуглинистый; комковатый; рыхлый; тонкопористый; карбонатный; много червороин, кротовины заполнены верхним горизонтом; переход заметный; линия ровная.

В(а)к $\frac{90-142}{52}$ см; нижний переходной; свежий; пестрый, грязно-желтый, слабо и неравномерно гумусирован; среднесуглинистый; непрочнокомковатый; рыхлый; пористый; карбонаты обильно по червороинам, в нижней части значительно перерыт кротоми; переход заметный; линия ровная.

ВСк $\frac{142-199}{57}$ см; кротовинный лесс; желтый с буризной; влажный; среднесуглинистый; комковатый; рыхлый; пористый; по кротовинам и червороинам много карбонатов (плесень, трубочки); сильно перерыт землероями, переход отчетливый; линия волнистая.

Ск, 199 см и глубже; лесс карбонатный, палевый, крупнопылевато-легкосуглинистый с обильной карбонатной плесенью.



Рис. 1. Морфологический профиль чернозема типичного сверхмощного малогумусного легкосуглинистого на лессе

Название почвы: Чернозем типичный сверхмощный малогумусный легкосуглинистый на лессе. В 2008 году на этой почве был заложен стационарный опыт по изучению «нулевой» технологии обработки, то есть имеем более десяти лет без обработки почвы, что дает определенные надежды для оценки изменений состояния почвы по сравнению с традиционной системой обработки на базе отвальной вспашки.

В четырехпольном севообороте выращивались следующие культуры: пшеница озимая, подсолнечник, ячмень, соя. То есть это набор так называемых рыночных культур, типичных для настоящего времени, который, к сожалению, не учитывает потребности животноводства. То есть, это набор так называемых рыночных культур, типичных на сегодняшний день, при котором животноводство остается без внимания, поскольку оно почти не существует в государственных масштабах. На одного работника таких хозяйств нагрузка составляет более 1000 га, урожай собрали и вывезли на продажу, а село остается без своего клочка земли и достойного уровня жизни.

На рис. 1 представлено проективное покрытие послеуборочными остатками поверхности почвы. Наглядно видно, что проективное покрытие составляет максимум 80% за счет соломы озимой пшеницы толщиной всего в одну соломинку, и кроме всходов подсолнечника, стерневых остатков остальных культур не наблюдается. В условиях обозначенного 4-польного севооборота их просто не может быть. За исключением пожнивных остатков озимой пшеницы, поверхностные остатки остальных культур сохраняются только к лету следующего года. Поэтому, при таком севообороте диагностирование переходного периода будет растянутым навсегда и никогда нормативы покрытия поверхности почвы, характерные для системы No-till не будут достигнуты.



Рис. 2. Проективное покрытие поверхности почвы после 10 лет прямого сева.

Содержание элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) и микроагрегированность почвы (рис. 3) определялись по методу С.Ю. Булыгина [6].

Результаты исследований. Параметры макроструктуры чернозема типичного легкосуглинистого при разных системах обработки почвы приведены в табл. 1. Сравнение удобренных вариантов (нормы внесения удобрений под культуры севооборота указаны в табл. 5) свидетельствует о значительном возрастании комковатости (показатель дефляционной устойчивости) и средневзвешенного диаметра водоустойчивых агрегатов (параметр эродированности почвы) на фоне применения системы земледелия No-till. Эти показатели среднединамические и легко изменимы буквально одной операцией обработки почвы. Легкосуглинистые почвы не стойки к механической обработке и к другим влияниям технологической энергии. Именно поэтому, замена традиционной обработки прямым севом резко уменьшает водно-эрозионную и дефляционную опасность. Особенную актуальность это приобретает в контексте, так называемого технологического пыления почвы [7].

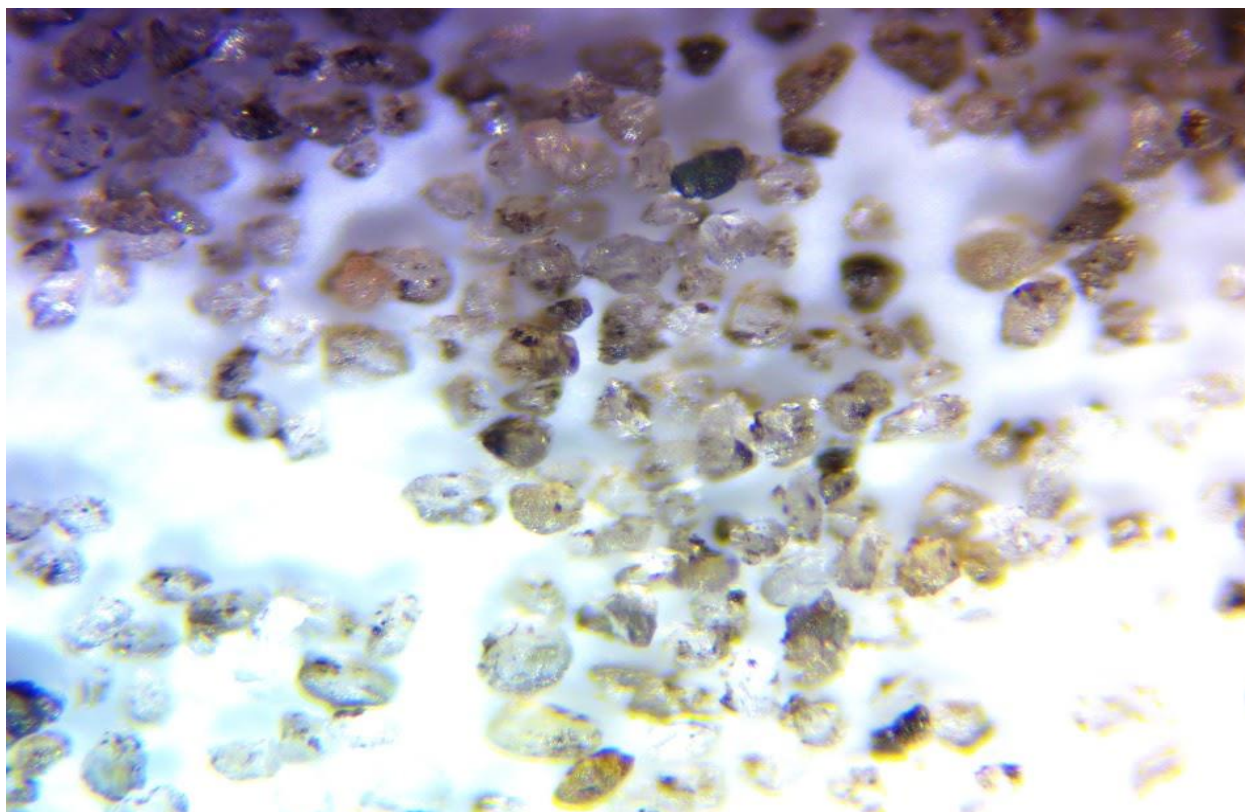


Рис. 3. Микроскопное поле фракции почвы 0,05 мм

При подготовке опытного поля к посеву в воздух поднимается очень много пыли и весной 2018 года авторы лично видели эту беду для почвы, когда она обрабатывалась фрезой, что есть экологическим преступлением при данном гранулометрическом составе. На наш взгляд, фреза и чернозем – это несовместимые вещи; таким орудием возможно лишь выравнять песок на пляже, а при ее применении в поле почва может прекратить свое существование как основное средство производства и биокосное тело природы.

Опытные данные (табл. 1) свидетельствуют о том, что никаких коренных изменений после перехода на прямой сев в макроструктуре не произошло. Дело в том, что показатель «сумма водостойких агрегатов > 0,25 мм» более инертный и только его величина может свидетельствовать о генетически обусловленном изменении водоустойчивости макроагрегатов. Однако энергия удобрений все таки негативно повлияла на этот показатель, о чем будет отмечено ниже.

Таблица 1. Макроструктура чернозема типичного малогумусного легкосуглинистого *

Вариант	Слой, см	Кстр. *	> 0,25мм, %	S, %	> 0,25 водост., %	d _{срзв.} , мм
No-till, NPK	0-10	3,0	80,7	59,1	61,6	0,55
	10-20	2,5	83,7	63,2	65,6	0,69
	20-30	3,0	86,3	63,8	65,6	0,42
	30-40	2,9	86,8	61,5	57,1	0,73
Отвальная вспашка, NPK	0-10	3,7	86,2	46,7	61,3	0,34
	10-20	2,3	79,7	55,8	59,6	0,32
	20-30	4,0	87,3	57,2	73,7	0,46
	30-40	3,3	85,7	59,1	68,4	0,41
Отвальная вспашка без удобрений (контроль)	0-10	5,0	90,7	47,2	73,3	0,57
	10-20	7,8	97,8	67,5	78,7	0,60
	20-30	4,9	96,8	77,1	73,4	0,60
	30-40	6,3	95,8	75,4	81,0	0,80
НСП 0,95	0-10	0,4	5,1	3,2	5,1	0,10
	10-20	0,7	4,9	3,1	4,2	0,10
	20-30	0,6	5,1	2,9	4,9	0,07
	30-40	0,8	6,1	3,3	5,3	0,06

*К стр.- коэффициент структурности по Ревуту; >0,25мм,% - сумма агрегатов более 0,25 мм; S,% - комковатость (сумма агрегатов более 1 мм); > 0,25 водост.,% - сумма водостойких агрегатов более 0,25 мм; $d_{срзв.}$,мм – средневзвешенный диаметр водостойких агрегатов.

В табл. 2 представлены результаты микроскопного подсчета содержания элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) и определения коэффициента микроагрегированности (K_a).

Анализ данных таблицы начнем с акцента на то, что наибольшую динамичность среди всех агрофизических показателей почв имеет показатель суммы ЭПЧ, а наименьшую – показатель K_a , как наиболее инертный и который зависит от гранулометрического состава, количества и качества гумуса [8]. Опытные данные позволяют объективно констатировать существенное ухудшение параметров микроагрегированности почвы после десяти лет применения прямого сева.

Таблица 2. Микроагрегированность чернозема типичного малогумусного легкосуглинистого *

Вариант	Слой, см	Содержание ЭПЧ,%	K_a^*
No-till,NPK	0 - 10	5,95	0,69
	10 - 20	1,90	0,88
	20 - 30	2,60	0,80
	30 - 40	2,60	0,90
Отвальная вспашка, NPK	0 - 10	2,50	0,82
	10 - 20	2,61	0,87
	20 - 30	1,66	0,87
	30 - 40	1,55	0,92
Отвальная вспашка без удобрений (контроль)	0 - 10	0,72	0,92
	10 - 20	0,29	0,89
	20 - 30	0,26	0,91
	30 - 40	0,58	0,86
НСР 0,95		0,83	0,11

* Коэффициент агрегированности по Бейверу и Родесу

Показатель содержания ЭПЧ – эквивалент энтропии системы почвы: чем он выше, тем больше «шума» в системе, и при условии длительной поддержки этого показателя на определенном уровне происходит переход на более низкий уровень организации и устойчивости почвенной системы. Подтверждением этого предположения есть результат существенного уменьшения значений K_a прямого сева (вариант No-till по схеме опыта). А это уже беда – 10-летнее содержание поверхности почвы без протекторной надежной защиты в виде 3-4-сантиметрового слоя из растительных остатков вызывает глубинную деградацию микроагрегированности, которая на уровне макроагрегированности пока еще не прослеживается. При этом, показатели содержания общего гумуса по вариантам опыта существенно не изменились (табл.3).

Таблица 3. Содержание общего гумуса в черноземе типичном малогумусном легкосуглинистом, %

Вариант	Слой, см	Содержание гумуса, %
No-till,NPK	0 - 10	3,23
	10 - 20	2,80
	20 - 30	2,90
	30 - 40	2,46
Отвальная вспашка, NPK	0 - 10	3,24
	10 - 20	3,34
	20 - 30	3,10
	30 - 40	2,85
Отвальная вспашка без удобрений (контроль)	0 - 10	3,21
	10 - 20	3,31
	20 - 30	2,90
	30 - 40	2,90
НСР _{0,95}		0,4

По нашим наблюдениям в летний полдень нагревание открытой поверхности чернозема на фоне черного пара иногда достигало 72°C [9]. А здесь (прямой сев) неприкрытая поверхность непрерывно «прожаривается» на протяжении 10 лет.

Кроме этого, есть общеизвестным разрушительное влияние гидротермических циклов на почву: замерзание-оттаивание, увлажнение-высушивание, а также распылительное воздействие ходовых частей машинных агрегатов при севе, опрыскивании и сборе урожая [10]. Результат не сложно предвидеть – качество (агрегирующая способность) гумуса γ , что обусловило существенное падение величины K_a . Можно с уверенностью утверждать, что это приговор длительному прямому севу. Во время вспашки верхние слои почвы переворачиваются вниз на «отдых», а в случае прямого сева 0-10 см слой попадает в жесткие разрушительные условия без какого либо передыха.

Поэтому надо четко понять, что период перехода из так называемого прямого сева на систему обработки No-till должен быть максимально кратким и на его протяжении необходимо обязательно создать надежный протектор от разрушения почвы путем формирования мощного (3-4 см) слоя из растительных остатков. Для этого, несомненно, должен быть внедрен соответствующий севооборот. Исследуемый нами севооборот для формирования защитного слоя принципиально не пригоден – среди его четырех культур только после выращивания озимой пшеницы остается наибольшее количество послеуборочных остатков. И здесь не нужно придумывать что то новое: американские специалисты – фудаторы No-till, четко показали, что без кукурузы (которая отсутствует в опытном севообороте) накопить достаточный слой растительных остатков будет очень тяжело. На наш взгляд, в данном случае, допустимо хотя бы первое звено севооборота или севооборот из трех полей: 1.) Пшеница озимая с обязательным высевом сидерата после уборки, а еще лучше, одновременно с уборкой путем засыпания семян сидерата (наиболее перспективна горчица белая) на жатку, которые соломоизмельчителем вместе с соломой гомогенно попадут на поверхность поля; 2.) Кукуруза; 3.) Соя.

Энергетический анализ агроэкосистем дает возможность определить энергозатратные цепочки и процессы в системе земледелия, предложить альтернативные менее энергоемкие мероприятия и таким образом уменьшить антропогенную нагрузку на сельскохозяйственные ландшафты и повысить конкурентоспособность аграрного производства. По мнению Ю.А. Тарарико [13], главным преимуществом энергетической оценки есть возможность отобразить все составляющие сельскохозяйственного производства в единых постоянных величинах за определенный промежуток времени в отличие от стоимостных показателей, которые изменяются в связи с инфляционными процессами.

Для оценки технологической нагрузки использовался энергетический подход на основе существующих методик, где каждое агротехническое мероприятие было оценено в единых энергетических единицах – джоулях [14].

В таблице 4 приведена энергетическая оценка изучаемых технологий в контексте отношения энергии растительных остатков (побочная продукция) к энергии технологических затрат (топливо, удобрения). Нами предлагается принять это отношение для каждого типа почвы (для начала), как технологический норматив (T_n) - показатель технологической нагрузки [11]. Наши исследования, проведенные на почвах различного гранулометрического состава, при разных системах обработки и удобрения, при разном наборе культур севооборота свидетельствуют о том, что для черноземных почв этот показатель не должен быть меньше, чем 8,5 [12].

Расчетные данные свидетельствуют о том, что величина технологического норматива (T_n) несколько ниже вышеприведенного значения, принимая во внимание минимальные энергетические расходы на обработку почвы. То есть, величина технологического норматива (T_n) не соблюдается даже в условиях прямого сева, что есть дополнительным свидетельством несоответствия набора культур севооборота, как для системы No-till, так и для чернозема в целом.

Вопрос нормирования технологической нагрузки – это острая большая проблема, которая для своего решения требует больших научных усилий и более глубоких исследований кол-

лективами многих научно-исследовательских институтов НААН Украины, поскольку в контексте данной работы мы показали лишь фрагмент энергетического влияния различных технологий на важнейшие показатели плодородия почвы.

Таблица 4. Энергетическая оценка технологий выращивания сельскохозяйственных культур, стационарный опыт Панфильской опытной станции «ННЦ Институт земледелия НААН», ГДж/га, 2010-2017 год

Вариант	ПП	Т	У	ТУ	ПП/ТУ
Отвальная вспашка без удобрений (контроль)	72,3	1,6	0	1,6	45,2
Отвальная вспашка, NPK	80,2	1,6	11,1	12,7	6,3
No-till без удобрений	71,5	0,4	0	0,4	178,8
No-till, NPK	83,2	0,4	11,1	11,5	7,2

ПП – энергия растительных остатков; Т – энергия топлива; У – энергия удобрений,
ТУ – суммарная энергия топлива и удобрений

Таблица 5. Урожайность культур четырехпольного севооборота за 2 ротации

Культура	Вариант обработки	Вариант удобрения	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	среднее
Соя	No-till	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₅	1,87	2,90	3,08	2,98	2,16	2,97	3,0	-	2,71
	No-till	Без удобрений	1,42	2,93	2,42	2,10	1,52	1,85	2,10	1,35	1,96
	Вспашка на 25-27 см	N ₃₀ P ₆₀ K ₆₅	1,99	2,61	3,30	3,25	2,49	3,13	3,24	2,09	2,76
	Вспашка на 25-27 см	Без удобрений	1,70	2,51	3,08	2,28	1,78	2,20	1,98	1,56	2,14
Ячмень яровой	No-till	N ₁₀₀ P ₄₅ K ₈₀	2,77	3,00	4,30	3,86	4,11	4,85	5,20	3,73	4,00
	No-till	Без удобрений	1,73	2,48	3,52	3,10	3,06	3,36	3,70	2,58	2,94
	Вспашка на 20-22 см	N ₁₀₀ P ₄₅ K ₈₀	2,03	3,26	5,24	3,79	4,27	4,57	4,15	4,27	3,95
	Вспашка на 20-22 см	Без удобрений	1,88	2,45	4,28	3,33	3,26	3,03	4,99	2,99	3,28
Подсолнечник	No-till	N ₁₅₀ P ₁₁₀ K ₁₈₀	2,00	4,26	4,09	3,94	3,75	4,05	3,08	1,29	3,31
	No-till	Без удобрений	2,01	3,69	3,15	3,12	2,89	2,50	2,58	0,86	2,60
	Вспашка на 25-27 см	N ₁₅₀ P ₁₁₀ K ₁₈₀	1,68	4,34	4,02	4,12	4,18	3,24	3,02	2,74	3,42
	Вспашка на 25-27 см	Без удобрений	1,64	3,06	3,45	3,06	3,34	2,18	2,42	1,66	2,60
Пшеница озимая	No-till	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₀₀	2,75	2,93	7,12	5,56	7,06	6,93	5,55	4,99	5,11
	No-till	Без удобрений	-	2,74	5,82	5,06	4,97	5,89	3,25	3,71	4,49
	10-12см	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₀₀	2,01	2,54	6,61	5,36	6,79	6,32	3,67	3,59	4,61
	10-12см	Без удобрений	1,93	2,55	5,64	5,21	4,82	5,22	5,95	2,99	4,29

Аналіз урожайних даних за дві ротации чотирьохпольного севооборота, як і очігувалось, суттєвих різниць між варіантами не виявил (табл. 5). Прямої сів не представляє агроному яких-либ переваг до моменту переходу систему No-till, при якій оптимізуються практично всі режими ґрунту, визначаючі її плідороддя і продуктивність.

Висновки

1. Десятилітнє застосування прямої сів на чорноземі типичному легкосуглинистому призводить до його глибокої агрофізичної деградації внаслідок зменшення мікроагрегованості ґрунту і суттєво не збільшує урожайність сільськогосподарських культур.

2. Перехідний період від прямої сів до системи No-till повинен бути максимально коротким (не більше 4 років).

3. Система землеробства No-till починається з моменту створення 3-4 сантиметрового шару мульчи на поверхні ґрунту при умові 100% її покриття.

4. Агрофізичний стан ґрунту залежить від відношення енергоємності побічної продукції сільськогосподарських культур до сумарної енергоємності палива і добрив і за нашими експериментальними даними величина технологічного норматива (Тн) для чорноземних ґрунтів повинна бути не менше, ніж 8,5.

Бібліографія

1. Медведєв В.В., Булігін С.Ю., Булігіна М.Є. Сучасні системи землеробства проблема обробки ґрунту. *Агроекологічний журнал*. 2017. №55. С. 127-134 (на укр.яз).
2. Косолап М.П., Кротінов О.П. Система землеробства No-till. Київ. "Логос". 2011.350 с. (на укр.яз).
3. Медведєв В.В., Пліско І.В. Прогнозування у ґрунтознавстві. Харків. вид-во «Стильна типографія». 2018.169 с. (на укр.яз).
4. Ачасов А.Б., Булыгин С.Ю., Можейко Т.А., Нearing М.А., Кандауров О.Б., Тарасов В.И., Тимченко Д.О., Шатохин А.В. Методика і нормативи обліку прояву і небезпеки ерозії. Харків, 2000. 64 с. (на укр.яз).
5. Булыгин С.Ю., Комарова Т.Д. К оценке влияния механической обработки на почву. *Почвоведение*. 1990. № 6. С. 135-138.
6. Булігін С.Ю., Пасічник Н.А., Байдюк М.І. Особливості зволоження чорнозему звичайного за „нульовою” технологією вирощування польових культур. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 5. С. 59-63. (на укр.яз).
7. Булігін С.Ю., Вітвіцький С.В., Тимченко Д.О., Діденко В.І. Агротехнічне пилення орних ґрунтів Лівобережного Лісостепу і Північного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2018. №8. С.5-11. (на укр.яз).
8. Булыгин С.Ю., Лисецкий Ф.Н. Микроагрегированность как мера противэрозионной стойкости. *Почвоведение*, 1991. № 12. С. 98-104.
9. Булігін С.Ю., Пасічник Н.А., Байдюк М.І. Особливості теплового режиму ґрунту за різних технологій обробки в Степу. *Землеустрій і кадастр*. 2004. № 1 С. 69-78. (на укр.яз).
10. Булігін С.Ю., Ачасов А.Б., Ачасова А.О., Панченко О.В., Панасенко В.М. Система оцінки та прогнозу якості земель (стан, концепція та алгоритми). Київ. Аграрна наука. 2014. 240 с. (на укр.яз).
11. Булігін С.Ю. Нормування технологічного навантаження на ґрунти. Спеціальний випуск до 11 з'їзду ґрунтознавців та агрохіміків України. Книга перша. Харків. 2018. С.131 – 133. (на укр.яз).
12. Булігін С.Ю., Тонха О.Л., Бикін А.І., Вітвіцький С.В. Трансформація ґрунтів Лісостепу України та розробка новітньої концепції сталого землекористування. Остаточний звіт за 2016-2018рр. Київ. НУБіП. 2018. 270 с. (на укр.яз).
13. Тараріко Ю.О. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва / [Ю.О.Тараріко, О.Ю.Не-смашна, О.М.Берднікова та ін.]. – К.: Аграр.наука, 2005. – 200 с. (на укр.яз).
14. Методика біоенергетичного оцінювання систем землеробства // За ред. Ю.О. Тараріко.–Київ.– Аграрна наука.2013– 39 с. (на укр.яз).

References

1. Medvedev VV, Bulygin SY, Bulygina ME Modern farming systems are a problem of tillage. *Agroecological journal*. 2017. №55. Pp. 127-134 (in Ukrainian).
2. Kosolap MP, Krotinov OP No-till farming system. Kiev. "Logos". 2011.350 s. (in Ukrainian).
3. Medvedev VV, Plisko IV Forecasting in soil science. Kharkiv. publishing house "Stylish printing house". 2018.169 s. (in Ukrainian).
4. Achasov AB, Bulygin S.Yu., Mozheiko TA, Nearing MA, Kandaurov OB, Tarasov VI, Timchenko DO, Shatokhin AV Methods and standards for accounting for the manifestation and danger of erosion. Kharkiv, 2000. 64 p. (in Ukrainian).
5. Bulygin S.Yu., Komarova T.D. To assess the effect of mechanical treatment on the soil. *Soil science*. 1990. No. 6. S. 135-138.

6. Bulygin SY, Pasichnyk NA, Baidyuk MI Peculiarities of humidification of ordinary chernozem by "zero" technology of field crops cultivation. Bulletin of Agricultural Science. 2004. № 5. S. 59–63. (in Ukrainian).
7. Bulygin SY, Vitvitsky SV, Timchenko DO, Didenko VI Agrotechnical sawing of arable soils of the Left-Bank Forest-Steppe and Northern Steppe of Ukraine. Bulletin of Agricultural Science. 2018. №8. P.5-11. (in Ukrainian).
8. Bulygin S.Yu., Lisetskiy F.N. Microaggregation as a measure of erosion resistance. Soil Science, 1991. No. 12. P. 98-104.
9. Bulygin SY, Pasichnyk NA, Baidyuk MI Features of the thermal regime of the soil with different tillage technologies in the steppe. Land management and cadastre. 2004. № 1 S. 69-78. (in Ukrainian).
10. Bulygin SY, Achasov AB, Achasova AO, Panchenko OV, Panasenko VMS System of assessment and forecast of land quality (state, concept and algorithms). Kyiv. Agricultural Science. 2014. 240 s. (in Ukrainian).
11. Bulygin S.Yu. Standardization of technological load on soils. Special issue for the 11th Congress of Soil Scientists and Agrochemists of Ukraine. Book one. Kharkiv. 2018. P.131 - 133. (in Ukrainian).
12. Bulygin SY, Tonkha OL, Bikin AI, Vitvitsky SV Transformation of soils of the Forest-Steppe of Ukraine and development of the latest concept of sustainable land use. Final report for 2016-2018 Kiev. NULES. 2018. 270 p. (in Ukrainian).
13. Tararico YO Bioenergetic assessment of agricultural production / [Yu.O. Tarariko, O.Yu. Nesmashna, O.M. Berdnikova and others.]. - К.: Аграр.наука, 2005. - 200 с. (in Ukrainian).
14. Methods of bioenergetic evaluation of agricultural systems // Ed. Yu.O. Tarariko. – Kyiv.– Agricultural science. 2013– 39 p. (in Ukrainian).

Сведения об авторах

Булыгин Сергей Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, академик НААН, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, тел +7-980-372-49-12.

Витвицкий С.В., кандидат сельскохозяйственных наук, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,

Кучер Л.И., кандидат сельскохозяйственных наук, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,

Антонюк Д.О., аспирант, Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины.

Information about authors

Bulygin Sergey Yuryevich, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of NAAS, National University of Biological Resources and Environmental Management of Ukraine, phone: +7-980-372-49-12.

Vitvitsky S.V., Candidate of Agricultural Sciences, National University of Life and Natural Resources of Ukraine

Kucher L.I., candidate of agricultural sciences, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Antonyuk D.O., graduate student, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

УДК 633.11«321»; 631.527(470, 325)

В.Т. Городов, А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, Р.А. Икусов

ПОВЫШЕНИЕ ФОТОАКТИВНОСТИ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИОННЫМ ПУТЕМ

Аннотация. На основе оригинальных подходов к оценке генетических ресурсов пшеницы по показателям активности фотосинтеза изучены сортообразцы мягкой яровой пшеницы в коллекционном питомнике, гибриды F₁-F₃ в гибридном и линии из них в селекционных питомниках 1-го и 2-го года. Целью исследований было создание селекционного материала с высокой активностью и эффективностью фотосинтеза и определение перспективы его дальнейшего использования. Задачи исследований: провести оценку коллекционных сортообразцов яровой пшеницы физиолого-биохимическими методами; на основе этого выделить источники высокой активности и эффективности фотосинтеза и включить их в селекционный процесс яровой пшеницы; создать перспективный генетический материал по показателям фотосинтетической деятельности растений. Научные исследования выполнялись в полевых и лабораторных условиях с использованием современного оборудования. Интенсивность фотосинтеза ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$), интенсивность транспирации ($\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$) и эффективность фотосинтеза определяли по оригинальной методике немецкой фирмы Walz у интактных растений в режиме реального времени с помощью портативного газоанализатора GFS – 3000 FL. Замеры осуществлялись в фазу формирования зерновок на флаговом листе. В результате полевых и лабораторных учетов, оценок и наблюдений согласно методическим указаниям (проверка выравненности линий, выявление преимуществ над стандартом по морфобиологическим признакам, особенно по устойчивости к полеганию) осуществлена оценка селекционного материала яровой пшеницы по показателям активности и эффективности фотосинтеза, что позволило выделить из генофонда ценный генетический материал и вовлечь его в селекционный процесс. Проведены скрещивания с участием источников высокой фотоактивности листьев и выделены линии, имеющие преимущества над родительскими формами по интенсивности фотосинтеза и семенной продуктивности. Экспериментальные данные подтвердили, что генофонд яровой пшеницы характеризуется широким полиморфизмом показателей физиологической активности листьев. Сделано заключение об эффективности целенаправленной работы по созданию сортов с повышенной фотоактивностью листьев, что позволит получать высокую, стабильную, качественную и экологически безопасную урожайность.

Ключевые слова: яровая пшеница, селекция, интенсивность фотосинтеза, интенсивность транспирации, эффективность фотосинтеза, продуктивность.

INCREASING THE PHOTOACTIVITY OF LEAVES SPRING WHEAT PLANTS BY SELECTION

Abstract. On the basis of original approaches to the assessment of wheat genetic resources based on photosynthesis activity indicators, we studied varieties of soft spring wheat in a collection nursery, F₁-F₃ hybrids in a hybrid nursery, and lines of them in breeding nurseries of the 1st and 2nd year. The purpose of the research was to create a selection material with high activity and efficiency of photosynthesis and determine the prospects for its further use. Research objectives: to evaluate the collection varieties of spring wheat using physiological and biochemical methods; based on this, identify sources of high activity and efficiency of photosynthesis and include them in the selection process of spring wheat; create promising genetic material for plant photosynthetic activity. Scientific research was carried out in field and laboratory conditions using modern equipment. Photosynthesis intensity ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$), transpiration intensity ($\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$) and photosynthesis efficiency were determined using the original method of the German company Walz in intact plants in real time using a portable gas analyzer GFS – 3000 FL. Measurements were carried out during the formation phase of grains on the flag sheet. As a result of field and laboratory records, assessments and observations in accordance with the guidelines (checking the alignment of lines, identifying advantages over the standard for morphophysiological characteristics, especially for resistance to lodging), the selection material of spring wheat was evaluated according to the activity and efficiency of photosynthesis, which allowed us to select valuable genetic material from the gene pool and involve it in the selection process. Crosses involving sources of high leaf photoactivity were performed and lines with advantages over parent forms in terms of photosynthesis intensity and seed productivity were identified. Experimental data confirmed that the spring wheat gene pool is characterized by a wide polymorphism of indicators of physiological activity of leaves. The conclusion is made about the effectiveness of targeted work to create varieties with increased photoactivity of leaves, which will allow you to get a high, stable, high-quality and environmentally safe yield.

Keywords: spring wheat, breeding, photosynthesis rate, transpiration rate, photosynthesis rate, productivity.

Введение. Стратегией развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в Российской Федерации предусматривается создание сортов нового поколения, стабильно формирующих урожай высокого качества, способных противостоять стрессовым факторам внешней среды и эффективно использовать антропогенные и природные ресурсы [4, 15].

Достижение этой цели традиционными методами, основанными в большей степени на учете морфологических признаков растений и элементов структуры урожая, весьма затруднено, потому, что они во многом исчерпали свои возможности. Уровень продуктивности достиг определенного высокого предела, а качество и устойчивость к болезням и вредителям приобрели выраженную тенденцию к ухудшению [12, 16].

Современные интенсивные сорта способны реализовать свой генетически обусловленный потенциал лишь в благоприятных погодных условиях при высоком уровне культуры земледелия. Доля же реализованной урожайности составляет всего лишь 20-30% от потенциальной [6].

Это характерно и для яровой пшеницы, у которой тенденция к снижению устойчивости к абиотическим и биотическим факторам среды приводит к ухудшению качества и значительному недобору урожая зерна [8, 9]. Поэтому ориентация на создание сортов интенсивного типа не является той движущей силой прогресса, которая может обеспечить качественное повышение продуктивности растений. Очевидно, необходимо искать новые подходы в решении отмеченной проблемы. В настоящее время исследования в области селекции смещаются в сторону разработки фундаментальных основ управления формообразовательным процессом на основе использования современных методов биотехнологии, физиологии, молекулярной биологии и генной инженерии. Одним из приоритетных направлений считается повышение активности и эффективности фотосинтеза, где скрыты огромные, но мало используемые селекцией резервы [18, 20, 21], в том числе и у яровой пшеницы [7, 9]

По экспериментальным данным Амелина А.В. [1], фотоэнергетический потенциал растений не изменился в результате селекции и остался на уровне, определенном эволюцией. Его возможности у современных культурных растений ограничены, чтобы сформировать высокий и стабильный урожай.

Работами многих исследователей доказано, что, если КПД использования ФАР сельскохозяйственными культурами увеличить с 0,5-1 до 4-5%, то их урожайность можно приблизить к максимально возможной [13, 19].

По мнению отечественных [3, 11] и зарубежных [10,14,17] исследователей, улучшение показателей фотосинтеза селекционным путем вполне выполнимая задача, решение которой открывает новые возможности в повышении урожайности. Это тем более актуально в связи с тенденциями изменения климата, поскольку увеличение концентрации CO₂ в атмосфере может положительно повлиять на продуктивность растений.

К сожалению, практическая селекционная работа, в том числе и по яровой пшеницы, на повышение активности и эффективности фотосинтеза до недавнего времени не проводилась ни в нашей стране, ни за рубежом. Причин тому много, и они имеют как объективную, так и субъективную природу [2].

Цель и задачи исследований. В связи с этим необходима разработка нетрадиционных методов оценки и технологий управления фотосинтетическими резервами генофонда сельскохозяйственных растений. Объединение классических методов селекции и инновационных приемов имеет наибольшие перспективы решить поставленную задачу по увеличению эффективности фотосинтеза. Использование этих знаний и методов в отечественных селекционных программах позволит не только ускорить создание сортов нового физиологического типа, но и обеспечит продовольственную безопасность нашей страны [5].

Решению данной проблемы у яровой пшеницы и посвящены наши исследования. Выполняемая нами программа предполагает создание сортов на основе использования в селекции в качестве исходного материала форм с повышенной активностью и эффективностью фотосинтеза.

Для этого были поставлены задачи: оценить генетические ресурсы яровой пшеницы физиолого-биохимическими методами и на этой основе выделить перспективный материал по показателям фотосинтетической деятельности растений и включить его в селекционный процесс яровой пшеницы.

Результатам этих исследований и посвящена настоящая статья.

Материал и методика исследований. Селекционный материал яровой пшеницы изучали в типовой схеме селекционного процесса. Агротехника возделывания культуры – традиционная для Центрально-Черноземного региона.

Объектом изучения были современные сорта яровой пшеницы, проходившие экологическое испытание на Шатиловской СХОС (было испытано более 30 различных сортов) и селекционный материал, созданный и находящийся в проработке в ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина» (было изучено 40 оригинальных номеров).

В экологическом сортоиспытании площадь делянки составляла 25 м², повторность 2-4-х кратная. В БелГАУ селекционный материал высевался в питомниках: коллекционном (образцы), в гибридном (гибриды F₀, F₁, F₂, F₃) и селекционных 1-го и 2-го года (отобранные линии из гибридов). Площадь делянки 0,15-1,0 м². Размещение стандарта через 10 номеров.

Для создания нового исходного материала в питомнике гибридизации осуществляли скрещивания. Гибридные семена высевали в гибридном питомнике. Отборы родоначальных растений проводили, начиная с F₁. Линии изучали в селекционном питомнике 1-го года на делянках площадью 0,15 м² и в селекционном питомнике 2-го года на делянках площадью 1,0 м². Учеты и наблюдения осуществляли по методическим рекомендациям УНИИРСиГ им. В. Я. Юрьева [1975], методическим указаниям ВИР [1985] и методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур [1985]. Для структурного анализа отбирали пробные снопы. Уборку проводили вручную.

Исследования по физиологии растений осуществлялись в рамках совместного Проекта с ЦКП Орловского ГАУ «Генетические ресурсы растений и их использование».

При оценке физиологической активности листьев растений учитывали интенсивность фотосинтеза (ИФ) и интенсивность транспирации (ИТ) по оригинальной методике немецкой фирмы Walz у интактных растений в режиме реального времени с помощью портативного газоанализатора GFS – 3000 FL. Интенсивность фотосинтеза измерялась в фазу формирования зерновок на флаговом листе и выражалась в количествах молекул углекислого газа (CO₂), поглощённых единицей площади листа в единицу времени, а интенсивность транспирации - в количествах молекул воды (H₂O), поглощённых единицей площади листа в единицу времени.

Температура воздуха во время проведения учетов составляла 30,7 °С., а интенсивность естественного освещения - 1227,5 μmol/m²s.

Эффективность фотосинтеза или показатель эффективности использования воды растениями определяли отношением интенсивности фотосинтеза к интенсивности транспирации. Данный показатель в известной степени характеризует адаптивные способности фотосинтетической системы к экстремальным факторам среды.

Результаты опытов обработаны с помощью современных компьютерных программ на основе методов математической статистики.

Результаты исследований. Наши экспериментальные данные подтвердили, что генофонд яровой пшеницы характеризуется широким полиморфизмом показателей физиологической активности листьев. Генотипический интервал варьирования интенсивности фотосинтеза находился в пределах от 5,31 до 14,79 μmol CO₂/m²s, интенсивности транспирации - 4,20 – 7,63 mmol H₂O/m²s, устьичной проводимости молекул воды - 0,40 – 0,95 mol /m²s, углекислоты - 0,26 – 0,61 mol /m²s.

Среди сортов яровой пшеницы, проходивших экологическое испытание, наибольшей активностью фотосинтеза характеризуются Любава, Дарья, Кинельская юбилейная, Кинельская Нива, Йолдыз, Ульяновская 101, Злата, Черноземоуральская, Эстер и Саур. Причем, они отличаются не только высокой фотосинтетической активностью, но и пониженной транспирацией, особенно Йолдыз, Любава и Дарья.

На наш взгляд, именно сорта такого типа и представляют для селекции наибольший интерес, потому что фотосинтез ими используется наиболее эффективно в поддержании та-

кого энергоемкого физиологического процесса растений как транспирация, защищающая растения от перегрева и обеспечивающая необходимое поступление минеральных элементов и воды из корней в надземную часть растений.

Выявленные сортообразцы яровой пшеницы, были включены нами в селекционную работу в качестве источников высокой фотосинтетической активности по созданию перспективного исходного материала. В 2016-2019 годах с их участием были проведены скрещивания по различным схемам в следующих объемах: в 2016 году – простые парные скрещивания по 11 комбинациям, в 2017 году – простые парные скрещивания по 12 комбинациям, в 2018 году – рецiproкные скрещивания по 20 комбинациям, в 2019 году – полные диаллельные скрещивания по 20 комбинациям. В результате получены и изучены гибриды 1-го, 2-го и 3-го поколений.

Работа с гибридным материалом направлена на создание константных линий. Отбор родоначальных растений проводили, начиная с F₁, по методу «педигри». Из 11 гибридных комбинаций 2016 года скрещивания в F₁ отобраны родоначальные растения и заложено 558 линий в селекционном питомнике 1-го года. На основании полевых и лабораторных учетов, оценок и наблюдений, согласно методическим указаниям (проверка выравненности линий, выявление преимущества над стандартом по морфофизиологическим признакам, особенно по устойчивости к полеганию), в F₃, в селекционном питомнике 2-го года, было выбраковано 61,5 % линий и отобрано 215 константных линий, изучение которых проводили в селекционном питомнике 2-го года (табл. 1).

Таблица 1 - Селекционная проработка гибридов F₃ в селекционном питомнике 2-го года.

№ дел. 2019	Гибридные комбинации	Кол-во линий		
		изучено	отобрано	% браковки
105	Кинельская Нива х Любава	23	17	26
155	Кинельская Нива х Дарья	21	13	38
106	Кинельская юб. х Кинель. нива	46	17	63
107	Дарья х Линия 11/16	71	23	68
108	Ульяновская 101 х Линия 9/16	47	18	62
109	Дарья х Линия 61/16	77	26	66
110	Кинельская Нива х Линия 17/16	37	10	73
111	Кинельская юбил. х Линия 2/16	19	2	90
112	Ульяновская 101 х Линия 3/16	82	29	65
113	Йолдыз х Линия 8/16	93	38	59
114	Любава х Линия 12/16	42	22	48
Итого		558	215	61,5

В 2019 году у 22 сформированных селекционных линий 3-х гибридных комбинаций (Кинельская Нива × Любава, Кинельская юбилейная × Кинельская Нива, Кинельская Нива × Дарья) в полевых условиях была проведена контрольная оценка интенсивности фотосинтеза и транспирации.

Полученные результаты замеров подтвердили, что интенсивность фотосинтеза зависит не только от генотипических особенностей растений, но и от конкретных условий их выращивания. Это позволило заключить, что для понимания пределов фотосинтетической деятельности конкретной культуры и возможностей использования ее генофонда в селекции необходимы полевые исследования в тех условиях, где проводится отбор генотипов по показателям фотосинтеза. Только такой подход позволит выявить в исходном материале генотипы с высокой стабильной интенсивностью фотосинтеза и эффективно их использовать в селекции.

На основе этого подхода из гибридной комбинации Кинельская Нива × Любава были выделены 2 линии (Линия 105/2 и Линия 105/5), имеющие преимущество по эффективности фотосинтеза перед родительскими формами и превышающие средние значения по комбинации (табл. 2).

Таблица 2 – Оценка селекционных линий из гибридной комбинации Кинельская Нива × Любава по активности фотосинтеза, 2019г.

Линия	Интенсивность фотосинтеза, $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$	Интенсивность транспирации, $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$	Эффективность фотосинтеза
♀ Кинельская Нива	15,97	5,82	2,74
Линия 105/1	12,35	4,01	3,08
Линия 105/2	16,13	3,95	4,08
Линия 105/3	13,42	4,42	3,04
Линия 105/4	10,64	4,49	2,37
Линия 105/5	14,20	5,11	2,78
Линия 105/6	15,63	10,53	1,48
Линия 105/7	16,92	13,25	1,28
Среднее	14,18	6,54	2,59
♂ Любава	19,76	8,51	2,32

По данным многих авторов, высокоурожайные сорта пшеницы характеризуются, как правило, высокоактивным в энергетическом отношении фотосинтетическим аппаратом. Многие из признаков фотосинтетического компонента наследуемы и, следовательно, поддаются фенотипическому отбору, что и требуется для селекции лучших сортов пшеницы [4, 5].

В наших исследованиях почти все линии данной комбинации характеризовались хорошим развитием элементов структуры продуктивности и достоверно превосходили родителей по массе зерна с растения. Среди них особенно выделялись Линия 105/2 и Линия 105/5, отличающиеся высокой эффективностью фотосинтеза и формируемой семенной продуктивностью (табл. 3).

Таблица 3 – Структура продуктивности линий из комбинации Кинельская Нива × Любава

Линия (№ дел)	Кустистость		Высота растения см	Длина колоса см	Число в колосе		Масса зерна, г		
	общая	продукт			колосков	зерен	1 колоса	1 растен.	1000 зерен,
♀	Кинельская Нива								
144	1,3	1,2	106,0	8,7	17,2	39,4	1,46	1,58	37,0
F ₃	Кинельская Нива х Любава								
Л. 105/1	1,7	1,6	100	9,0	16,2	30,0	1,50	2,16	50,0
Л. 105/2	2,1	1,6	90	9,0	17,2	39,4	1,74	2,50	44,2
Л. 105/3	1,5	1,4	100	8,5	17,6	37,6	1,81	2,28	48,1
Л. 105/4	1,4	1,2	100	8,5	14,3	31,8	1,35	1,46	42,4
Л. 105/5	2,3	1,8	90	8,0	19,6	37,6	1,42	2,30	37,8
Л. 105/6	1,3	1,0	100	9,7	11,8	35,5	1,77	1,77	49,8
Л. 105/7	1,5	1,3	93	8,3	14,8	32,0	1,73	2,02	54,0
Среднее	1,7	1,4	96,1	8,7	15,9	34,8	1,62	2,07	46,6
♂	Любава								
146	1,4	1,1	100,0	9,8	16,4	39,4	1,51	1,66	38,3

Во многом схожие тенденции отмечены и среди линий других гибридных комбинаций. Так, при скрещивании Кинельская юбилейная × Кинельская Нива выделены из потомства 2 линии (Линия 106/4 и Линия 106/8), которые по эффективности фотосинтеза превосходят или находятся на уровне родительских форм (табл. 4).

Таблица 4 – Оценка селекционных линий из гибридной комбинации Кинельская юбилейная × Кинельская Нива по активности фотосинтеза, 2019 г.

Линия	Интенсивность фотосинтеза, $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$	Интенсивность транспирации, $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$	Эффективность фотосинтеза
♀ Кинельская юбилейная	16,25	6,66	2,44
Линия 106/2	13,91	20,84	0,67
Линия 106/3	14,11	8,77	1,61
Линия 106/4	13,33	4,89	2,73
Линия 106/5	11,45	3,46	3,31
Линия 106/6	14,02	5,98	2,34
Линия 106/7	16,33	7,01	2,33
Линия 106/8	15,53	6,09	2,55
Среднее	14,10	8,15	2,22
♂ Кинельская нива	15,97	5,82	2,74

Несомненно, данные линии представляют определенный интерес для дальнейшей селекционной проработки по созданию у яровой пшеницы сортов нового поколения.

Из гибридной комбинации Кинельская юбилейная × Кинельская Нива определенную селекционную значимость могут также представлять Линия 106/6 и Линия 106/7, как источники, сочетающие относительно высокую активность и эффективность фотосинтеза с умеренной интенсивностью транспирации листьев (см. табл. 4).

Согласно результатам структурного анализа, эти и другие выделенные линии (Линия 106/4 и Линия 106/8) существенно превосходят родительские формы по семенной продуктивности (табл. 5).

Таблица 5 – Значение элементов продуктивности у линий из гибридной комбинации Кинельская юбилейная × Кинельская Нива в сравнении с родительскими формами.

Линия (№ дел)	Кустистость		Высота растения см	Длина колоса см	Число в колосе		Масса зерна, г		
	общая	продукт			колосков	зерен	1 колоса	1 растен.	1000 зерен,
♀	Кинельская юбилейная								
145	1,5	1,3	100,0	8,0	14,4	35,0	1,41	1,65	40,3
F ₃	Кинельская юбилейная × Кинельская Нива								
Л.106/2	1,6	1,3	90	8,3	14,5	35,8	1,42	1,66	40,0
Л.106/3	1,5	1,2	93	8,6	14,0	39,0	1,60	1,73	41,0
Л. 106/4	1,6	1,3	93	9,0	16,5	41,3	1,69	1,98	40,9
Л. 106/5	1,3	1,1	93	8,5	12,2	35,3	1,35	1,48	38,2
Л.106/6	1,6	1,5	95	9,0	15,0	39,6	1,75	2,36	44,2
Л. 106/7	1,4	1,2	90	8,5	14,6	38,1	1,75	1,89	45,9
Л. 106/8	1,5	1,4	93	9,0	13,6	27,8	1,58	1,99	56,8
Среднее	1,5	1,3	92,4	8,7	14,3	36,7	1,59	1,87	43,8
♂	Кинельская Нива								
144	1,3	1,2	106,0	8,7	17,2	39,4	1,46	1,58	37,0

Что касается линий из гибридной комбинации Кинельская Нива × Дарья, то для них характерна повышенная интенсивность фотосинтеза и транспирации по сравнению с остальными комбинациями, среди которых очень высокой интенсивностью фотосинтеза отличаются 4 линии: 157/3, 157/5, 157/10, 157/16, а сопоставимой его эффективностью с родительскими формами одна линия - 157/15 (табл. 6).

Таблица 6 – Показатели физиологической активности листьев у селекционных линий из гибридной комбинации Кинельская Нива × Дарья, 2019 г.

Линия	Интенсивность фотосинтеза, $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$	Интенсивность транспирации, $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2\text{s}$	Эффективность фотосинтеза
♀ Кинельская Нива	15,97	5,82	2,74
Линия 157/3	18,63	8,84	2,11
Линия 157/4	16,26	7,74	2,10
Линия 157/5	19,09	8,90	2,14
Линия 157/6	14,15	6,20	2,28
Линия 157/10	18,67	8,99	2,08
Линия 157/13	14,74	7,18	2,05
Линия 157/15	13,45	5,16	2,61
Линия 157/16	16,84	7,98	2,11
Среднее	16,48	7,62	2,18
♂ Дарья	14,89	5,75	2,59

Причем линии 157/3, 157/5, 157/10 имели и самую высокую семенную продуктивность - в среднем 1,98 г на растение, что на 22% больше, чем у других линий и на 17% - у родительских форм. Селекционную работу с данными и другими выделенными линиями планируется продолжить (табл. 7).

Таблица 7 – Значение элементов продуктивности растений в гибридной комбинации Кинельская Нива х Дарья

Линия (№ дел)	Кустистость		Высота растения см	Длина колоса см	Число в колосе		Масса зерна, г		
	общая	продуктивная			колосков	зерен	1 колоса	1 растен.	1000 зерен,
♀	Кинельская Нива								
144	1,3	1,2	106,0	8,7	17,2	39,4	1,46	1,58	37,0
Гз	Кинельская Нива х Дарья								
Л. 157/3	1,5	1,4	90	8,3	12,1	34,5	1,49	1,88	43,2
Л. 157/4	1,8	1,7	80	7,0	11,8	28,1	1,10	1,68	39,1
Л. 157/5	1,6	1,4	95	9,3	13,0	39,3	1,54	1,94	39,2
Л.157/6	1,6	1,4	87	7,5	13,6	33,4	1,26	1,59	37,7
Л.157/10	1,6	1,5	80	8,3	12,2	41,0	1,56	2,11	38,0
Л.157/13	1,5	1,3	70	7,8	12,1	34,2	1,19	1,39	34,8
Л.157/15	1,6	1,4	75	7,7	12,0	31,0	1,19	1,50	38,4
Л.157/16	1,8	1,7	74	6,5	11,2	25,8	1,02	1,56	39,5
Среднее	1,6	1,5	81,4	7,8	12,2	33,4	1,26	1,71	38,7
♂	Дарья								
141	1,2	1,1	72,0	8,0	17,2	33,9	1,07	1,18	31,6

Таким образом, полученные экспериментальные данные показали, что у всех изученных гибридных комбинаций можно выделить линии, которые по активности и эффективности фотосинтеза превышают или не уступают родителям. В гибридной комбинации Кинельская Нива× Любава такими линиями являются Линия 105/2 и Линия 105/5; в гибридной комбинации Кинельская юбилейная × Кинельская Нива - Линия 106/4, Линия 106/6, Линия и Линия 106/7 и 106/8; в гибридной комбинации Кинельская Нива × Дарья –Линия 157/3, Линия 157/5 и Линия 157/10. Несомненно, данные линии представляют большой интерес для дальнейшей селекции культуры по созданию сортов нового поколения - с повышенной активностью и эффективностью фотосинтеза.

Работа с гибридами более ранних поколений продолжается по общепринятой методике в типовой схеме селекционного процесса. Она направлена на создание константных по морфологическим, хозяйственно ценным признакам линий.

Из гибридов, полученных от скрещивания в 2017 году, в F₁ заложено 266 линий. В F₂ на основании фенологических наблюдений, учета степени поражения ржавчиной, септориозом и гельминтоспориозом, оценки устойчивости к полеганию, оценки общего развития по фазам всходы, колошение и перед уборкой проведена браковка. Выделенные 184 линии будут пересеяны для проведения отборов в F₃ и получения константных линий (табл. 8).

Таблица 8 - Результаты селекционной работы в питомнике 1-го года с линиями F₂.

№ дел. 2019	Гибридные комбинации	Кол-во линий		
		изучено	отобрано	% браковки
193	Линия 2/17 x Кинельская юб.	18	11	39
194	Линия 11/17 x Кинельская Нива	24	14	42
195	Линия 3/17 x Дарья	72	31	57
196	Линия 1/17 x Любава	37	26	30
197	Линия 9/17 x Дарья	14	13	7
198	Reiny 29 x Линия 538/17	8	8	0
199	Reiny 29 x Линия 527/17	17	17	0
200	Reiny 29 x Линия 531/17	22	16	27
201	Reiny 29 x Линия 545/17	11	11	0
202	Reiny 29 x Линия 544/17	22	21	5
203	Reiny 29 x Любава	5	0	100
204	Reiny 29 x Линия 536/17	16	16	0
Итого		266	184	30,8

В 2018 году проведены реципрокные скрещивания сортообразцов с высокой фотосинтетической активностью по 20 комбинациям. В 2019 году изучали гибриды F₁ в сравнении с родительскими формами и стандартом. В течение вегетации проводили фенологические наблюдения, оценку устойчивости к полеганию и болезням, сравнительное описание колосьев гибрида и родителей. После уборки в лабораторных условиях осуществлен отбор родоначальных растений в количестве 281 для закладки линий в селекционном питомнике 1-го года (табл. 9).

Таблица 9 - Результаты селекционной работы с гибридами F₁ в гибридном питомнике

№ дел. 2019	Гибридные комбинации	Выращено гибридных растений	Заложено линий
173	Йолдыз x Эстер	6	11
174	Йолдыз x Саур	-	0
175	Йолдыз x Злата	6	7
176	Саур x Йолдыз	6	15
177	Йолдыз x Дарья	15	15
178	Йолдыз x Ульяновская 101	13	18
179	Ульяновская 101 x Йолдыз	16	26
180	Эстер x Саур	-	0
181	Эстер x смесь пыльцы сортов из КСИ-2018	15	16
182	Саур x Эстер	14	18
183	Эстер x Ульяновская 101	3	4
184	Эстер x Злата	4	11
185	Эстер x Дарья	17	28
186	Ульяновская 101 x Эстер	12	28

Продолжение таблицы 9			
187	Эстер х Черноземоуральская	7	11
188	Линия 2/18 х Саур	9	34
189	Ульяновская 101 х Дарья	15	11
190	Черноземоуральская х Йолдыз	3	12
191	Йолдыз х Черноземоуральская	6	6
192	Черноземоуральская х Эстер	18	10
Итого		185	281

Для изучения генетического контроля признаков фотосинтетической активности у сортов, выделенных по изложенной в отчете методике, в 2019 году проведена гибридизация по схеме полных диаллельных скрещиваний (табл 10).

Таблица 10 - Схема проведенных диаллельных скрещиваний 2019 г.

♂→ ♀↓	Дарья	Йолдыз	Любава	Ульяновская 101	Эстер
Дарья	-	х	х	х	х
Йолдыз	х	-	х	х	х
Любава	х	х	-	х	х
Ульяновская101	х	х	х	-	х
Эстер	х	х	х	х	-

Диаллельный анализ позволит получить информацию о степени доминантности и ее влиянии на уровень проявления признаков, распределении доминантных и рецессивных аллелей у родителей, взаимодействии генов в потомстве F₁ и F₂.

Заключение. Впервые определены методические подходы по оценке селекционного материала яровой пшеницы по показателям активности фотосинтеза. Это позволило оценивать генофонд и селекционный материал культуры и выделить из него ценный генетический материал для использования в селекции по созданию сортов нового поколения, способные формировать высокую, стабильную, качественную и экологически безопасную урожайность, что обеспечит высокую конкурентоспособность отечественного сельскохозяйственного производства.

На основе полученных новых знаний проведены скрещивания с участием источников высокой фотосинтетической активности и выделены линии, имеющие преимущества над родительскими формами по активности, эффективности фотосинтеза и семенной продуктивности.

В целом подтверждается вывод о том, что селекция сельскохозяйственных культур, в частности, яровой пшеницы, на повышение активности и эффективности фотосинтеза может быть результативной.

Выводы исследований могут быть использованы в селекционных программах по яровой пшенице.

Библиография.

1. Амелин, А.В. Морфофизиологические основы повышения эффективности селекции гороха: дисс....уч. степ. д-ра с.-х. наук: 03.00.12 [Текст] / Амелин Александр Васильевич. – Орел, 2001. – 371 с.
2. Амелин А.В., Чекалин Е.И. Селекция на повышение фотоэнергетического потенциала растений и эффективности его использования, как стратегическая задача в обеспечении импортозамещения и продовольственной безопасности России [Текст]// Вестник ОрелГАУ. – 2015. – №6. – С. 9-17.
3. Амелин, А.В. Фотосинтез и урожайность [Текст] / А.В. Амелин // Бюллетень МСХ. – 2019. - №9.- С.40-43.
4. Быков О.Д., Зеленский М.И. О возможности селекционного улучшения фотосинтетических признаков сельскохозяйственных растений [Текст] //Физиология фотосинтеза. М.: Наука, 1982. С. 294-310.
5. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Особенности фотосинтетического энергообмена сортов пшеницы различной продуктивности [Текст] //Физиолого-биохимические особенности пшениц разной продуктивности. М.: МГУ, 1980. С. 5-43.

6. Жученко, А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агросферы (теория и практика) [Текст] / А.А. Жученко. - Москва: Издательство Агрорус, 2004. - Т.2. -688 с.
7. Зеленский М.И. Фотосинтетические характеристики важнейших сельскохозяйственных культур и перспективы их селекционного использования// Физиологические основы селекции растений [Текст] / Под ред. Удовенко Г.В., Шевелухи В.С. Санкт-Петербург: ВИР, 1995. Т. II. Ч. II. С.466-554.
8. Ильина, Л.Г. Селекция яровой пшеницы в НИИСХ Юго-Востока [Текст] / Л.Г. Ильина // Труды НИИСХ Юго-Востока. – 1970. – Вып.27. – С.5-126.
9. Кумаков, В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы [Текст] / В.А. Кумаков. – М.: Агропромиздат, 1985. – 270 с.
10. Миракилов, Х.М. Изучение интенсивности фотосинтеза у некоторых видов растений в связи с их эволюцией и селекцией новых сортов [Текст] / Х.М. Миракилов, Х.А. Абдуллаев, Х.Х. Каримов // Известия академии наук республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. - 2009. - №1 (166).-С. 49-61.
11. Мокроносов А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза[Текст]. М.: Наука, 1981. 169 с.
12. Молчан, И.М. Спорные вопросы в селекции растений [Текст] / И.М. Молчан, Л.Г. Ильина, П.И. Кубарев // Селекция и семеноводство. - 1996. - №1-2. - С.36-51.
13. Ничипорович, А.А. Энергетическая эффективность фотосинтеза и продуктивность растений [Текст] / А.А. Ничипорович. – Пушкино: НЦ БИ АН СССР, 1979. – Т.3. – 37 с.
14. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) [Текст] / А.В. Турьянский, В.И. Мельников, Л.А. Селезнева, Н.Р. Асыка, В.Ф. Ужик и др. – Белгород: Изд. Константа, 2014. – 462 с.
15. Стратегия развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур в Российской Федерации на период до 2020 года [Текст] / М.: МСХ РФ, 2010.
16. Шевелуха, В.С. Биологические проблемы современной селекции растений./ В.С. Шевелуха [Текст] // Новый аграрный журнал, пилотный номер: Опыт, проблемы, практика реформирования АПК. - 2001. - С. 89-91.
17. Atkinson, C.J. Drought tolerance of clonal Malus determined from measurements of stomatal conductance and leaf water potential / C.J. Atkinson, M. Policarpo, A.D. Webster, G. Kingswell // Tree Physiology. – 2000. Vol. 20. – Is. 8 – P. 557-563.
18. Monteith, J.L. Climate and efficiency of crop production in Britain / J.L. Monteith // Phil. Trans. R. Soc. Lond. – 2014. – P. 277-294.
19. Ort, D.R. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand / D.R. Ort, S.S. Merchant, J. Alric., A. Barkan et al. // PNAS. – 2015. – V. 112. – №. 28. – P. 8529–8536.
20. Slattery, R.A. Photosynthetic energy conversion efficiency: setting a baseline for gauging future improvements in important food and biofuel crops. / R.A., Slattery, D.R. Ort. //Plant Physiology. - 2015.-V 168. - P. 383-392.
21. Xin-Guang, Zhu. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass? / Xin-Guang Zhu, Stephen P. Long, Donald R. Ort // Current Opinion in Biotechnology. – 2008. – V. 19. – P. 1-7.

References

1. Amelin, A.V. Morphophysiological bases for improving the efficiency of pea breeding: Diss.... Uch. step. doctor of science: 03.00.12 [Text] / Alexander Amelin. - Orel, 2001. - 371 p.
2. Amelin A.V., Chekalin E. I. Selection to increase the photoenergy potential of plants and the efficiency of its use as a strategic task in ensuring import substitution and food security of Russia [Text] // VestnikOrelgau. - 2015. - No. 6. - Pp. 9-17.
3. Amelin, A.V. Photosynthesis and productivity [Text] / A.V. Amelin // Bulletin of the Ministry of agriculture. – 2019. - №9.- P. 40-43.
4. Bykov O. D., Zelensky M. I. on the possibility of selective improvement of photosynthetic characteristics of agricultural plants [Text] // Physiology of photosynthesis. Moscow: Nauka, 1982. Pp. 294-310.
5. Gavrilenko V. F., Zhigalova T. V. Features of photosynthetic energy exchange of wheat varieties of different productivity [Text] / Physiological and biochemical features of wheat of different productivity. Moscow: Moscow state University, 1980. Pp. 5-43.
6. Zhuchenko, A. A. Ecological genetics of cultivated plants and problems of Agrosphere (theory and practice) [Text] / A. A. Zhuchenko. - Moscow: Agrorus Publishing House, 2004. - Т. 2. -688 PP.
7. Zelenskiy M. I. Photosynthetic characteristics of the most important agricultural crops and prospects for their selective use // Physiological bases of plant breeding [Text] / ed. Udovenko G. V., Shevelukhi V. S. Saint Petersburg: VIR, 1995. Vol. II. Part II. Pp. 466-554.
8. Ilyina, L. G. Selection of spring wheat in the niiskh of the South-East [Text] / L. G. Ilyina // Proceedings of the niiskh of the South-East. - 1970. - Vol.27. - Pp. 5-126.
9. Kumakov V. A. Physiological substantiation of models of wheat varieties [Text] / V. A. Kumakov. - Moscow: Agropromizdat, 1985. - 270 p.
10. Mirakilov, H. M. Studying the intensity of photosynthesis in some plant species in connection with their evolution and selection of new varieties [Text] / H. M. Mirakilov, H. A., Abdullaev, H. H. Karimov // proceedings of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Department of biological and medical Sciences. - 2009. - No. 1 (166). Pp. 49-61.

11. Мокроносов А.Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза. М.: Наука, 1981. 169 с.
12. Molchan, I. M. Controversial issues in plant breeding [Text] / I. M. Molchan, L. G. Ilyina, P. I. Kubarev // Selection and seed production. - 1996. - No. 1-2. - Pp. 36-51.
13. Nichiporovich, A. A. Energy efficiency of photosynthesis and plant productivity [Text] / A. A. nichiporovich. - Pushchino: NC BI an USSR, 1979. - T. 3. - 37 p.
14. Organizational and technological standards for the cultivation of crops (for example, Belgorod region) [Text] / A.V. Turyansky, V.I. Melnikov, L.A. Selezneva, N.R. Asyka, V.F. Uzhik et al. - Belgorod: Izd. Constant, 2014. -- 462 p.
15. Strategy of development of selection and seed production of agricultural crops in the Russian Federation for the period up to 2020 [Text] / Moscow: Ministry of agriculture of the Russian Federation, 2010.
16. Shevelukha, V. S. Biological problems of modern plant breeding. / V. S. Shevelukha [Text] // New agrarian journal, pilot issue: Experience, problems, practice of reforming agriculture. - 2001. Pp. 89-91.
17. Atkinson, C.J. Drought tolerance of clonal Malus determined from measurements of stomatal conductance and leaf water potential / C.J. Atkinson, M. Policarpo, A.D. Webster, G. Kingswell // Tree Physiology. - 2000. Vol. 20. - Is. 8 - P. 557-563.
18. Monteith, J.L. Climate and efficiency of crop production in Britain / J.L. Monteith // Phil. Trans. R. Soc. Lond. - 2014. - P. 277-294.
19. Ort, D.R. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand / D.R. Ort, S.S. Merchant, J. Alric., A. Barkan et al. // PNAS. - 2015. - V. 112. - №. 28. - P. 8529-8536.
20. Slattery, R.A. Photosynthetic energy conversion efficiency: setting a baseline for gauging future improvements in important food and biofuel crops. / R.A., Slattery, D.R. Ort. // Plant Physiology. - 2015. - V 168. - P. 383-392.
21. Xin-Guang, Zhu. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass? / Xin-Guang Zhu, Stephen P. Long, Donald R. Ort // Current Opinion in Biotechnology. - 2008. - V. 19. - P. 1-7.

Сведения об авторах

Городов Василий Тимофеевич, ведущий научный сотрудник Центра селекции в растениеводстве, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, E-mail: vas-gorodov@yandex.ru

Амелин Александр Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель ЦКП «Генетические ресурсы растений и их использование», профессор кафедры растениеводства, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, 69,г. Орел, Орловская область, Россия, 302019, E-mail: amelin_100@mail.ru

Чекалин Евгений Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ЦКП «Генетические ресурсы растений и их использование», ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, 69,г. Орел, Орловская область, Россия, 302019, E-mail: hmet83@rambler.ru

Заикин Валерий Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник, ЦКП «Генетические ресурсы растений и их использование», ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, 69,г. Орел, Орловская область, Россия, 302019, E-mail: valeriy.zaikin@mail.ru

Икусов Роман Александрович, аспирант, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, ул. Генерала Родина, 69,г. Орел, Орловская область, Россия, 302019, E-mail: ikusov95@mail.ru

Information about authors

Gorodov Vasily Timofeevich, leading researcher of the center for plant breeding, candidate of agricultural sciences, senior researcher, Belgorod state agricultural university, Vavilovst., 1, set. Maysky, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, E-mail: vas-gorodov@yandex.ru

Amelin Alexander Vasilyevich, doctor of agricultural sciences, head of the center "Genetic resources of plants and their use", Orel state agricultural university, General Rodina str., 69, Oryol, Oryol region, Russia, 302019, E-mail: amelin_100@mail.ru

Chekalin Evgeny Ivanovich, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the center "Genetic resources of plants and their use", Orel state agricultural university, General Rodina str., 69, Oryol, Oryol region, Russia, 302019, E-mail: hmet83@rambler.ru

Zaikin Valery Vasilievich, candidate of agricultural sciences, junior researcher of the center "Genetic resources of plants and their use", Orel state agricultural university, General Rodina str., 69, Oryol, Oryol region, Russia, 302019, E-mail: valeriy.zaikin@mail.ru

Ikusov Roman Alexandrovich, postgraduate student, Orel state agricultural university, General Rodina str., 69, Oryol, Oryol region, Russia, 302019, E-mail: ikusov95@mail.ru

УДК 633.11:636.087.23

А.Г. Гурин, С.В. Резвякова

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Аннотация. В статье приведен анализ экономической эффективности применения на посевах яровой пшеницы на серой лесной почве в природно-климатических условиях Центрально-Черноземного региона России нетрадиционного органического удобрения - свекловичного жома, вносимого в почву как самостоятельно, так и совместно с дефекатом. Переход на рыночные отношения требует от сельскохозяйственного производителя искать дополнительные возможности снижения затрат при производстве продукции. Одним из путей уменьшения затрат и себестоимости является оптимизация минерального питания при выращивании зерновых культур за счет использования нетрадиционных органических удобрений, являющимися отходами производства. Внесение жома в дозе 100-200 т/га повлияло негативно на показатели экономической эффективности. Производственные затраты увеличились до 19,458-20,678 тыс. руб./га, которые были больше стоимости валовой продукции. В результате был получен убыток в размере 4,092-7,808 тыс. руб./га в зависимости от дозы внесения удобрений. Уровень рентабельности был соответственно отрицательные и составил -21,0-37,8%. Совместное внесение свекловичного жома и дефеката оказало положительное влияние на урожайность пшеницы и соответственно на экономические показатели. Внесение 100 т/га жома и 10 т/га дефеката способствовало увеличению урожайности пшеницы на 37,2 % относительно контрольного варианта, чистый доход составил – 6,354 тыс. руб./га., уровень рентабельности 30,7%.

Ключевые слова: яровая пшеница, свекловичный жом, экономическая эффективность, чистый доход, рентабельность.

ANALYSIS OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF USING SUGAR PRODUCTION WASTE ON SPRING WHEAT CROPS

Abstract. The article analyzes the economic efficiency of using non-traditional organic fertilizer-beet pulp, which is applied to the soil both independently and together with the defecate, on spring wheat crops on gray forest soil in the natural and climatic conditions of the Central Chernozem region of Russia. The transition to market relations requires the agricultural producer to look for additional opportunities to reduce costs in the production of products. One of the ways to reduce costs and costs is to optimize mineral nutrition in the cultivation of grain crops through the use of non-traditional organic fertilizers, which are waste products. The introduction of pulp at a dose of 100-200 t / ha had a negative impact on the economic efficiency indicators. Production costs increased to 19,458-20,678 thousand rubles/ha, which were more than the cost of gross production. As a result, a loss of 4,092-7,808 thousand rubles/ha was received, depending on the dose of fertilizers. The level of profitability was correspondingly negative and amounted to 21.0-37.8%. The joint application of beet pulp and defecate had a positive impact on the yield of wheat and, accordingly, on economic indicators. The introduction of 100 t/ha of pulp and 10 t / ha of defecate contributed to an increase in wheat yield by 37.2 % relative to the control option, net income was 6,354 thousand rubles/ha., the level of profitability of 30.7%.

Keywords: spring wheat, beet pulp, economic efficiency, net income, profitability.

Введение. Одной из крупнейших отраслей земледелия является производство зерна. Зерновое хозяйство составляет основу растениеводства и всего сельскохозяйственного производства. Зерно – это не только продукт питания для населения, но и незаменимый корм для скота и птицы. Объем производства сельскохозяйственной продукции, в том числе зерна, является одним из основных показателей, характеризующих деятельность сельскохозяйственных предприятий. От его величины зависят объем реализации продукции, уровень ее себестоимости, сумма прибыли, уровень рентабельности, финансовое положение предприятия, его платежеспособность и другие экономические показатели. Эффективность сельскохозяйственного производства – сложная экономическая категория. Эффективность сельскохозяйственного производства – результат финансово-хозяйственной деятельности хозяйствующего субъекта в сельском хозяйстве, способность обеспечивать достижение высоких показателей производительности, экономичности, доходности, качества продукции. Критерием данного вида эффективности является максимальное получение сельскохозяйственной продукции при наименьших затратах живого и овеществленного труда. Эффективность сельскохозяйственного производства измеряется с помощью системы показателей: производительность труда, фондоотдача, себестоимость, рентабельность, урожайность сельскохозяйственных культур и

т.д. Экономическая эффективность используется для оценки результативности всего общественного производства. С точки зрения всего народного хозяйства, эффективным будет считаться такое состояние экономики, когда наиболее полно удовлетворены потребности всех членов общества при данных ограниченных ресурсах [1].

Переход на рыночные отношения требует от сельскохозяйственного производителя искать дополнительные возможности снижения затрат при производстве продукции. Одним из путей уменьшения затрат и себестоимости является оптимизация минерального питания при выращивании зерновых культур за счет естественного плодородия пахотных почв и применения агрохимикатов. Научно-обоснованный подход к выбору планируемой урожайности, при котором индивидуально учитывается плодородие каждого поля, что позволяет снизить затраты на минеральные удобрения и более эффективно использовать естественные запасы питательных веществ пашни [2, 3, 4].

В связи с этим возникает потребность в интенсификации использования пахотных земель. Однако неконтролируемое применение удобрений может привести к негативным последствиям. Именно поэтому так важно не только повышать плодородие почв и урожайность ведущих зерновых культур, но и очень тщательно подходить к вопросу использования удобрений всех типов - от минеральных до органических. Вообще, использование удобрений далеко не такой дешевый процесс как представляется на первый взгляд. Использование органических удобрений, несмотря на их доступность, требует не менее тщательного планирования, чем минеральных. Повышение эффективности зернового производства мы видим не только в интенсификации применения минеральных и органических удобрений, но прежде всего, в разработке и воплощении в жизнь специальных, практически направленных программ.

Традиционная система удобрений заключается в том, что на все поля хозяйства вносятся минеральные удобрения без учета обеспеченности растений другими элементами питания. Данный подход обеспечивает незначительную прибавку урожайности, которая порой не может перекрыть затраты на производство зерна [2].

Применение удобрений исторически доказало свою эффективность. На сегодняшний день, по данным из различных источников, не менее 40% урожая зерновых культур, производимых в нашей стране, обеспечивается их применением. Несмотря на мнение скептиков о негативных последствиях применения удобрений в виде снижения плодородия почвы, резкого ее обеднения, а то и вовсе исключения из оборота в силу сельскохозяйственной непригодности, такие результаты можно получить исключительно лишь при неконтролируемом использовании как минеральных, так и органических удобрений. Почему-то некоторая часть сельхозпроизводителей, особенно мелких, считает, что применение органики, в отличие от минеральных удобрений, не может принести вред. Это глубоко ошибочное мнение наглядно подтверждено результатами наших исследований о применении таких органических удобрений как свекловичный жом и дефекаат.

При производстве сахаристых продуктов кроме основной продукции получается значительное количество отходов, которые в настоящее время недостаточно эффективно используются, а порой приносят значительный вред окружающей среде. Свеклосахарная промышленность России ежегодно перерабатывает до 40 млн. т свёклы. При этом получается следующее количество основных отходов: ботвы – 50...70, жома свежего 70...90, осадка фильтрационного 8...12 и мелассы 4...6 % от массы свёклы. В 100 кг свёклы содержится около 25 кг сухих веществ, в том числе 16... 18 кг сахарозы. Из них получается около 13...15 кг сахара в виде готовой продукции. Остальные 10...12 кг сухих веществ переходят в отходы [5].

В связи с ограниченными возможностями увеличения производства сельскохозяйственной продукции путем расширения пашни, органические удобрения остаются одним из главных факторов повышения продуктивности растениеводства [6]. Во всем мире применение удобрений признано экономически эффективным и оправданным. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (Food and Agricultural Organization of the Unated Nations, FAO, ФАО) в зависимости от уровня химизации земледелия доля элементов питания удобрений в урожае стран Западной Европы составляет 60-75%, в

США - 50%, в России в 90-е годы прошлого века – 30-45%, в настоящее время - 10%. Однако в России ситуация далеко не так радужна - низкая окупаемость удобрений приводит к их фрагментарному использованию в сельском хозяйстве, а то и полному отказу от удобрения почвы. Причем, этот процесс касается не только минеральных, но и органических удобрений. Несмотря на пролонгированное действие органических удобрений, с экономической точки зрения их внесение является замораживанием средств, снижающим их оборот и эффективность вложения.

Образуясь в огромных количествах, отходы представляют угрозу окружающей природной среде. Утилизация отходов является острой экологической проблемой современности [7, 8]. Отходы, которые непосредственно (в исходном состоянии) или после соответствующей переработки могут быть использованы в хозяйственной деятельности, называют вторичными материальными ресурсами [9]. Такими отходами и являются отходы сахарного производства - свекловичный жом и дефекаат.

В зерновом производстве удельный вес яровой пшеницы очень велик. Пшеница с самых древних времен и до настоящего времени является основной культурой. На ее базе созданы мукомольная, хлебопекарная, макаронная промышленности и различного вида кондитерские производства.

Цель настоящего исследования - выявить оптимальную дозу внесения свекловичного жома и дефекаата на посевах яровой пшеницы для получения максимальной урожайности и экономической эффективности.

Материал и методика исследований. Объектом исследования послужил агроценоз яровой пшеницы сорта Сударыня, выведенным селекционерами РНИУП «Институт земледелия и селекции НАН Беларуси» и ГНУ Владимирский НИИСХ (авторы сорта Буштевич В.Н., Гриб С.И., Игнатъева Г.В., Шабал Е.М.). Разновидность: лютеценс. Сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию с 2012 года по Центральному региону Российской Федерации. Рекомендован для возделывания в Брянской, Владимирской и Смоленской областях.

Тип почвы – серая лесная, для которой характерна четкая дифференциация профиля по подзолистому типу, элювиальный горизонт выражен слабо, гумусово-аккумулятивный - до 35 см. Объемная плотность пахотных слоев колеблется в пределах от 1,32 до 1,40 г/см³, а иллювиального - 1,45-1,50 г/см³. Содержание гумуса в верхнем пахотном слое колеблется в пределах 1,5-3,5 %, в целинных – 4-6 %. В составе гумуса преобладают фульвокислоты. Агрохимические свойства контрольного образца почвы опытного поля следующие: кислотность рН_{сол} – 5,57, гумус – 2,39%, К₂O – 231,6 мг/кг, Р₂O₅ – 96,1 мг/кг.

Повторность опыта трёхкратная, размещение делянок рендомизированное. Удобрительно-мелиорируемая смесь для проведения исследований изготовлялась из свекловичного жома и дефекаата произведенных на ЗАО «Сахарный комбинат Отрадинский». Дефекаат имеет сильнощелочную среду (рН 9-10) и высокое содержание кальция – до 80%. В чистом виде свекловичный жом сильно закисляет почву, что делает нерациональным его использование в качестве универсального удобрения. Дефекаат, напротив, нейтрализует кислотность жома и смесь двух наиболее объемных отходов сахарного производства является наиболее приемлемым видом использования их в качестве нетрадиционного органического удобрения.

Результаты и их обсуждение. Экономическая эффективность это соотношение между полученными результатами производства - продукцией и услугами, с одной стороны, и затратами труда и средств производства - с другой. Критерием эффективности является максимальное получение урожая при наименьших затратах труда. Эффективность любого производства, в том числе и сельскохозяйственного, измеряется с помощью системы показателей. Основными показателями экономической эффективности являются урожайность сельскохозяйственных культур, рентабельность, чистый доход и др. [10].

Благодаря использованию вышеназванных комплементарных показателей эффективности можно не только рассчитать оптимальный вариант системы удобрений, который можно внедрить в сельскохозяйственное производство, но и учесть их влияние на плодородие почвы,

которое является вторым по значимости фактором, определяющим конечные цели всех исследовательских работ по использованию органических удобрений в сельском хозяйстве [11, 12].

На рис. 1. приведен анализ уровня рентабельности в зависимости от урожайности – т.е. двух основных показателей, напрямую влияющих на целесообразность применения отходов свеклосахарной промышленности в качестве нетрадиционных органических удобрений.

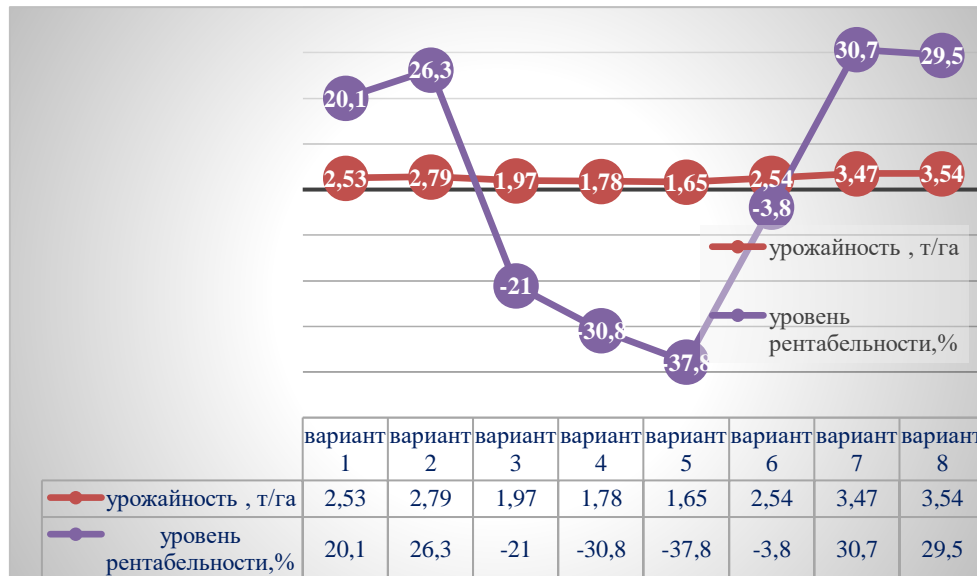


Рис. 1. Изменения урожайности яровой пшеницы и её рентабельности при возделывании в зависимости от доз внесения свекловичного жома и совместного внесения свекловичного жома и дефеката в среднем за 2014-2016 гг.

Варианты:

1. Контроль (без внесения жома)
2. 50 т/га жома
3. 100 т/га жома
4. 150 т/га жома
5. 200 т/га жома
6. Жом 150 т/га + дефекат 5 т/га
7. Жом 150 т/га + дефекат 10 т/га
8. Жом 150 т/га + дефекат 15 т/га

Расчеты экономической эффективности показали, что внесение свекловичного жома в дозе 50 т/га способствовало увеличению стоимости валовой продукции на 2028 руб./га относительно контрольного варианта вследствие увеличения урожайности. Несмотря на увеличение производственных затрат, связанных с транспортировкой и внесением 50 т/га жома, чистый доход возрос до 4536 руб./га, а уровень рентабельности до 26,3 % (табл. 1).

Внесение жома в дозе 100-200 т/га повлияло негативно на продуктивности пшеницы. При этом производственные затраты в этих вариантах увеличились до 19458-20678 руб./га, которые были больше стоимости валовой продукции. В результате был получен убыток в размере 4092-7808 руб./га в зависимости от дозы внесения удобрений. Уровень рентабельности был соответственно отрицательные и составил – 21,0-37,8%.

Совместное внесение свекловичного жома и дефеката оказало положительное влияние на урожайность пшеницы и соответственно на экономические показатели. Внесение 100 т/га жома и 10 т/га дефеката способствовало увеличению урожайности пшеницы на 37,2 % относительно контрольного варианта. При этом несмотря на увеличение производственных затрат, которые составили в седьмом варианте 20712 руб./га, чистый доход был самым высоким – 6354 руб./га., уровень рентабельности 30,7%.

Таблица 1 - Экономическая эффективность возделывания ярового пшеницы сорта Сударыня в зависимости от доз внесения свекловичного жома и совместного внесения свекловичного жома

и дефеката, в среднем за 2014-2016 гг.

№	Варианты	Урожайность т/га	Стоимость валовой продукции руб./га	Производственные затраты руб./га	Себестоимость 1 т, руб.	Чистый доход руб./га	Уровень рентабельности, %
1.	Контроль (без внесения жома)	2,53	19734	16430	6494	3304	20,1
2.	50 т/га жома	2,79	21762	17226	6174	4536	26,3
3.	100 т/га жома	1,97	15366	19458	9877	-4092	-21,0
4.	150 т/га жома	1,78	13884	20074	11277	-6190	-30,8
5.	200 т/га жома	1,65	12870	20678	12532	-7808	-37,8
6.	Жом 150 т/га + дефекат 5 т/га	2,54	19812	20597	8109	-785	-3,8
7.	Жом 150 т/га + дефекат 10 т/га	3,47	27066	20712	5969	6354	30,7
8.	Жом 150 т/га + дефекат 15 т/га	3,54	27612	21325	6024	6287	29,5

При увеличении массы дефеката до 15 т/га при совместном внесении с жомом 100 т/га производственные затраты возросли относительно седьмого варианта на 613 руб./га. Стоимость валовой продукции увеличилась на 546 руб./га, чистый доход снизился на 67 руб./га. Уровень рентабельности составил 29,5 %.

Заключение. Таким образом, внесение свекловичного жома на посевах пшеницы в дозе более 100 т/га является убыточным. Совместное внесение свекловичного жома в дозе 100 т/га и 5 т/га дефеката способствует повышению не только урожайности яровой пшеницы, но и увеличению показателей экономической эффективности. Чистый доход увеличился относительно контрольного варианта практически в два раза, уровень рентабельности – на 10,6 %, а себестоимость 1 т продукции снизилась на 525 руб. Следовательно, внесение свекловичного жома и дефеката можно рекомендовать для внедрения в производство в зерносеющих хозяйствах.

Библиография

1. Лисина А. Ю., Богомолова Ю. А., Борисова Е. Е., Цветков Д.П. [Текст] / Сидеральный клеверный пар и урожайность зерновых культур // Земледелие. 2010. № 5. С 39.
2. Абрамов Н. В., Еремин Д. И. [Текст] / Проблемы получения максимально возможной урожайности яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья // Аграрный вестник Урала. 2009. № 1. С. 31-37.
3. Полухин А.А., Ланкин А.С., Новоселов Э.А., Силко Е.А. [Текст] / Экономическая оценка потребления энергоресурсов в сельском хозяйстве Российской Федерации // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2019. № 1 (46). С. 58-63.
4. Polukhin A.A., Alekseev K.I., Ryzhkova S.M., Kruchinina V.M., Stavtsev A.N., Lankin A.S. [Текст] / Economic Evaluation of Directions of State Support of Producers of Energy Capacities for Agriculture of Russia // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). Volume-9. Issue-1. October 2019. P. 5013-5017. <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v9i1/A2136109119.pdf>
5. Свиридов С.С. Особенности воздействия физиологически активных веществ на растения сахарной свёклы в зависимости от фона минерального питания: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / С.С. Свиридов. Рамонь. 2009. 25 с.
6. Зяблов Е. С. [Текст] / Экономическая эффективность применения удобрений при производстве зерна // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. акад. М.Ф. Решетнева. 2006. №4. С. 83-86.
7. Резвякова С.В. [Текст] / Пути решения проблемы образования и утилизации отходов производства и потребления в Орловской области // В сб. «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. IV международная научная экологическая конференция (с участием экологов Азербайджана, Армении, Беларуси, Германии, Грузии, Казахстана, Киргизии, Узбекистана и Украины) 24-25 марта 2015 г. Краснодар. 2015. С. 746-748.
8. Кольцова О. М., Стекольников Н. В., Житин Ю. И. [Текст] / Отходы свеклосахарного производства и их использование в сельском хозяйстве // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (59). С. 52-58. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.4.52
9. Титова В.И., Дабахов М.В., Дабахова Е.В. [Текст] / Обоснование использования отходов в качестве вторичного материального ресурса в сельскохозяйственном производстве: учебное пособие / Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород, Изд-во ВВАГС. 2009. 178 с.
10. Босак В. Н. [Текст] / Агроэкономическая эффективность применения удобрений в севооборотах // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы. Пинск: ПолесГУ. 2008. С. 11-12.
11. Никончик П. И. [Текст] / Интенсивное использование пашни. Минск: Ураджай. 1995. 192с.

12. Гурин А.Г., Гнеушева В.С. [Текст] / Изменение агрохимических свойств почвы и ее биологической активности при использовании отходов сахарного производства на посевах яровой пшеницы // Вестник аграрной наук. Орел. № 1(70). Февраль. 2018. С. 3-7.

References

1. Lisina A. Yu., Bogomolova Yu. a., Borisova E. E., Tsvetkov D. P. Sideral clover steam and yield of grain crops // Agriculture. 2010. # 5. From 39.
2. Abramov N. V., Eremin D. I. Problems of obtaining the maximum possible yield of spring wheat in the conditions of the Northern TRANS-Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009. # 1. Pp. 31-37.
3. Polukhin A. A., Lankin A. S., Novoselov E. A., Silko E. A. Economic assessment of energy resources consumption in agriculture of the Russian Federation // Economics, labor, management in agriculture. 2019. No. 1 (46). Pp. 58-63.
4. Polukhin A. A., Alekseev K. I., Ryzhkova S. M., Kruchinina V. M., Stavtsev A. N., Lankin A. S. Economic Evaluation of Directions of State Support of Producers of Energy Capacities for Agriculture of Russia // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). Volume-9. Issue-1. October 2019. P. 5013-5017.
<https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v9i1/A2136109119.pdf>
5. Sviridov S. S. Features of the impact of physiologically active substances on sugar beet plants depending on the background of mineral nutrition: abstract of the dissertation for the degree of candidate of agricultural Sciences /S. S. Sviridov. Ramon. 2009. 25 p.
6. Zyablov E. S. Economic efficiency of fertilizers application in grain production // Bulletin of the Siberian state aerospace University. Acad. M. F. Reshetnev. 2006. #4. Pp. 83-86.
7. Rezvyakova S. V. Ways to solve the problem of formation and utilization of production and consumption waste in the Oryol region // in the collection " Problems of recultivation of household waste, industrial and agricultural production. IV international scientific ecological conference (with participation of ecologists from Azerbaijan, Armenia, Belarus, Germany, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Uzbekistan and Ukraine) 24-25 March 2015 Krasnodar. 2015. Pp. 746-748.
8. Koltsova O. M., Stekolnikova N. V., Zhitin Yu. I. Waste of sugar beet production and their use in agriculture // Bulletin of the Voronezh state agrarian University. 2018. No. 4 (59). Pp. 52-58.
9. Titova V. I., Dabakhov M. V., Dabakhova E. V. Justification of the use of waste as a secondary material resource in agricultural production: textbook /Nizhny Novgorod state agricultural Academy. – N. Novgorod, publishing house of the VVAGS. 2009. 178 PP.
10. Bosak V. N. agro-Economic efficiency of fertilizers application in crop rotations// Sustainable development of the economy: state, problems, prospects. Pinsk: Polechu. 2008. Pp. 11-12.
11. Nikonchik P. I. Intensive use of arable land. Minsk: Uradzhai. 1995. 192с.
12. Gurin A. G., Gneusheva V. S. Changes in agrochemical properties of soil and its biological activity when using sugar production waste on spring wheat crops // Bulletin of agrarian science. Eagle. # 1(70). February. 2018. Pp. 3-7.

Сведения об авторах

Гурин Александр Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой агроэкологии и охраны окружающей среды, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», 302019, г. Орёл, Генерала Родина ул., 69, gurin10159@yandex.ru

Резвякова Светлана Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой защиты растений и экотоксикологии, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», 302019, г. Орёл, Генерала Родина ул., 69, лана8545@yandex.ru

Information about authors

Gurin Alexander, doctor of agricultural Sciences, Professor, head of the department of agroecology and environmental protection, Orel state agrarian University named after N. V. Parakhin, 302019, Orel, General Rodina str., 69, gurin10159@yandex.ru

Rezvyakova Svetlana V., doctor of agricultural Sciences, associate Professor, head of the department of plant protection and ecotoxicology, Orel state agrarian University named after N. V. Parakhin, 302019, Orel, General Rodina str., 69, лана8545@yandex.ru

УДК 633.313+631.847.211

М.Ю. Козырева, Л.Ж. Басиева

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ЛЮЦЕРНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

Аннотация. Приведены результаты полевых исследований за 2017...2019 годы биохимических показателей растений люцерны в зависимости от типа азотного питания и симбиотической активности посевов. Опыты с люцерной синегрибридной проведены в экологических условиях предгорной зоны РСО-Алания на черноземе выщелоченном с близким залеганием галечника. Сравнивались минеральный и симбиотрофный типы азотного питания растений люцерны. Установлено, что максимальное количество азота концентрируется в листьях – от 3,69 до 4,61 %, что в 1,8...2,1 раза больше содержания его в стеблях и в 2,5...2,7 раза больше содержания его в корнях. При улучшении обеспеченности посевов биологически связанными формами азота увеличивалось содержание этого элемента во всех органах растений: в листьях на 0,12...0,35 %, в стеблях на 0,06...0,19 %, в корнях на 0,04...0,14 %. В динамике в посевах люцерны установлена тенденция повышения содержания азота во всех органах в течение вегетации: с каждым укосом концентрация азота увеличивалась в листьях на 0,05...0,29 %, в стеблях на 0,06...0,17 %, в корнях на 0,05...0,13 %. С улучшением обеспеченности растений биологическим связанным азотом, повышалась концентрация белка и зольных элементов в биомассе растений и, напротив, минеральный тип азотного питания повышал содержание в сене клетчатки, безазотистых экстрактивных веществ и жира. Максимальная концентрация белка в сене (18,5...22,7% АСВ) и зольных элементов (11,1...12,0% АСВ) была достигнута в варианте с инокуляцией семян высокогорным инокулюмом клубеньковых бактерий (Ин-1800). В этом же варианте отмечено минимальное в опыте содержание клетчатки, БЭВ и жира.

Ключевые слова: люцерна, тип питания, симбиотическая активность, минеральный азот, биологический азот, биохимия.

BIOCHEMICAL INDEXES OF ALFALFA DEPENDING ON NITROGEN NUTRITION TYPE

Abstract. Results of field studies for 2017-2019 of biochemical indices of plants are presented depending on the type of nitrogen nutrition and symbiotic activity of crops. Tests with alfalfa synegibride were carried out under environmental conditions of the pre-mountain zone of RNO-Alania on the black earth leached with close pebble occurrence. Mineral and symbiotrophic types of nitrogen nutrition of alfalfa were compared. It has been found that the maximum amount of nitrogen is concentrated in the leaves - from 3.69 to 4.61 %, which is in 1.8-2.1 times more than its content in stems and in 2.5-2.7 times more than its content in roots. With improved availability of crops with biologically related forms of nitrogen, the content of this element increased in all organs of plants: in leaves by 0.12-0.35 %, in stems by 0.06-0.19 %, in roots by 0.04-0.14 %. In the dynamics in alfalfa crops there is a tendency to increase nitrogen content in all organs during vegetation: with each bite nitrogen concentration increased in leaves by 0.05-0.29 %, in stems by 0.06-0.17 %, in roots by 0.05-0.13 %. With improved plant availability of biological bound nitrogen, the concentration of protein and ash elements in plant biomass increased and, on the contrary, the mineral type of nitrogen nutrition increased the content of fiber, anazotic extractives substances and fat in hay. The maximum concentration of protein in hay (18.5-22.7 % in absolutely dry matter) and ash elements (11.1-12.0 % in absolutely dry matter) was achieved in the variant with inoculation of seeds with high-altitude inoculum of tuber bacteria (In-1800). In the same embodiment, minimal content of fiber, anazotic extractives substances and fat was observed in the experiment.

Keywords: alfalfa, type of nutrition, symbiotic activity, mineral nitrogen, biological nitrogen, biochemistry.

Введение. На современном этапе развития агропромышленного комплекса, характеризующимся массовым техногенным развитием и, как следствие, загрязнением и ухудшением состояния окружающей среды, всё большее значение приобретает его экологическая составляющая. Широкое внедрение органического сельского хозяйства сдерживается недостаточной изученностью отдельных моментов, касающихся естественных механизмов регуляции продукционного процесса агроценозов, способов биологического воздействия на них для поддержания экологического равновесия в экосистеме.

Вопросы сохранения и приумножения плодородия почвы необходимо решать среди первоочередных задач. Технологии, лишённые искусственных загрязнителей (агрехимикатов), способствуют ресурсосбережению, экологической безопасности получаемой продукции и, самое главное, оздоровлению почвы, которая определяет уровень и качество биопродукции агроценозов.

Одним из главных негативных факторов в сельскохозяйственном производстве являются минеральные азотные удобрения, которые помимо загрязнения окружающей среды, значительно повышают себестоимость получаемой продукции и зачастую при неграмотном применении снижают её качество.

В этой ситуации бобовым культурам и их уникальной способности вступать в симбиотические отношения с клубеньковыми бактериями и фиксировать азот атмосферы отводится особо ценная роль в биологизации земледелия и переходе на органическое сельское хозяйство [3,14,15,13].

При достаточно хорошей изученности вопросов агротехники бобовых культур, в то же время, по отдельным элементам технологии нет единого мнения ученых, что вызывает споры в научных кругах. К таким нерешенным элементам относится вопрос применения под бобовые культуры минеральных форм азота [1,5]. Учитывая, что растения и микроорганизмы связаны между собой многочисленными, сложившимися в процессе коэволюции связями, их необходимо изучать как единую систему, открытую и лабильную, мгновенно реагирующую на любые изменения в биоценозе [6,9].

В этой связи, наша **цель исследований** заключалась в изучении симбиотической активности и продуктивности люцерны в зависимости от типа азотного питания и наличия вирулентного активного штамма ризобий в экологических условиях Предгорной зоны РСО-Алания.

На обсуждение в данной статье вынесены задачи по определению влияния типа азотного питания на биохимические показатели растений люцерны.

Методика исследований. Исследования проводились в течение ряда лет (2017...2019 гг.) на территории учебно-научно-производственного отдела Горского государственного аграрного университета. Почвенный покров представлен черноземом выщелоченным, подстилающийся галечником с глубины 60-80 см и характеризующийся средним содержанием гумуса 4,5-6,0% [2].

Объектами исследований являлись: люцерна синегибридная (*Medicago varia* Mart.) районированного в Северо-Кавказском регионе сорта Вега 87, а также местные расы клубеньковых бактерий рода *Sinorhizobium*, отобранные нами из ризосферной части растений люцерны на различных высотных отметках в экологических условиях Республики Северная Осетия-Алания [10].

В полевом опыте для предпосевной инокуляции семян применяли инокулюм на основе диких рас клубеньковых бактерий, отобранных в высокогорных условиях (1800 метров над уровнем моря, с. Зарамаг РСО-Алания), а также промышленный штамм ризоторфина марки 425а (ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург), рекомендуемый исследователями в данных природно-климатических условиях [7, 8, 12]. Стартовые дозы минеральных форм азота вносили ежегодно: 30 кг/га д. в. под предпосевную культивацию, 30 кг рано весной на посевах второго года жизни растений и 30 кг рано весной на посевах третьего года жизни растений.

Схема опыта и её обоснование:

1. Контроль – естественное плодородие почвы.
2. Ин-1800 – предпосевная инокуляция семян инокулюмом штаммов азотфиксирующих бактерий, отобранных в высокогорных условиях, для изучения вопросов их интродукции и определения конкурентоспособности в равнинных, более благоприятных экологических условиях.
3. Шт. 425а – предпосевная инокуляция семян промышленным штаммом ризоторфина, для сравнительной оценки с местными штаммами ризобий и дикими высокогорными расами клубеньковых бактерий.
4. N₃₀ – ежегодное внесение стартовых доз азотных удобрений, для изучения активности симбиотической деятельности бобоворизобиального ценоза в присутствии минеральных форм азота.
5. N₃₀ + Ин – применение предпосевной инокуляции семян высокогорными штаммами азотфиксирующих бактерий на фоне ежегодных стартовых доз минеральных форм азота, для изучения возможности совместного использования указанных агротехнических приемов.

Содержание азота в растениях и, в частности, в каждом вегетативном органе определяли ежегодно в фазу укосной спелости (бутонизация – начало цветения). Определение общего азота проводили минерализацией навески биологического материала серной кислотой.

Затем методом Кьельдаля определяли количество общего азота.

Растительные пробы на биохимический анализ отбирали перед каждым укосом, анализ проводили по общепринятым методикам: количество сырого протеина рассчитывали через коэффициент 6,25; сырую золу определяли озолением в муфельной печи; клетчатку определяли при обработке растительных материалов смесью концентрированных азотной и уксусной кислот; определение жира проводили методом обезжиренного остатка; количество БЭВ выявляли путем расчётов.

Методики проведения полевого опыта и статистической обработки данных – общепринятые [4].

Результаты и их обсуждение. Сведения о содержании азота в растениях позволяют судить о питательности получаемого корма, а также используются при расчете количества потребления данного элемента из почвы и выноса его с урожаем. Концентрация азота сильно варьирует в различных частях растений [11], в связи с чем для большей достоверности и точности экспериментальных данных, химические анализы проводили отдельно по вегетативным органам растений – листьям, стеблям, корням (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание азота в вегетативных органах люцерны в зависимости от типа азотного питания (% АСВ)

Укос	Орган растения	Варианты опыта					НСР ₀₅
		Контр.	Ин-1800	Шт.425а	N ₃₀	N ₃₀ + Ин	
2017 (год посева)							
1	листья	4,25	4,50	4,44	4,21	4,23	0,08
	стебли	2,19	2,32	2,29	2,17	2,18	0,05
	корни	1,62	1,71	1,69	1,61	1,61	0,03
2	листья	4,35	4,61	4,55	4,31	4,51	0,10
	стебли	2,26	2,39	2,37	2,24	2,34	0,07
	корни	1,68	1,79	1,76	1,66	1,73	0,04
2018 (второй год жизни)							
1	листья	3,69	4,03	3,99	3,69	4,03	0,07
	стебли	1,96	2,14	2,12	1,96	2,14	0,04
	корни	1,47	1,61	1,59	1,47	1,61	0,05
2	листья	3,90	4,25	4,21	3,92	4,23	0,10
	стебли	2,12	2,31	2,29	2,13	2,30	0,09
	корни	1,54	1,67	1,66	1,54	1,66	0,06
3	листья	4,19	4,50	4,48	4,21	4,52	0,11
	стебли	2,21	2,37	2,36	2,22	2,38	0,09
	корни	1,66	1,78	1,77	1,66	1,79	0,08
2019 (третий год жизни)							
1	листья	4,18	4,32	4,30	4,18	4,30	0,05
	стебли	2,03	2,10	2,09	2,03	2,09	0,04
	корни	1,55	1,60	1,59	1,55	1,59	0,03
2	листья	4,23	4,40	4,43	4,25	4,40	0,05
	стебли	2,10	2,19	2,20	2,11	2,19	0,05
	корни	1,64	1,71	1,72	1,65	1,71	0,05
3	листья	4,42	4,59	4,57	4,42	4,59	0,06
	стебли	2,24	2,33	2,32	2,24	2,33	0,05
	корни	1,72	1,79	1,78	1,72	1,79	0,05

Наименьшее содержание азота отмечено в корневой системе растений люцерны и составило в исследованиях от 1,47 до 1,79 %. По вариантам опыта заметна зависимость концентрации азота в корнях от обеспеченности растений его биологически фиксированными формами. Так, минимальное содержание азота в корнях (1,47...1,72 %) отмечалось в вариантах с естественными условиями (контроль) и с применением только стартовых доз азотных удобрений (N₃₀), т. е. в посевах со слабой симбиотической активностью растений. В остальных вариантах, отличившихся более активными симбиотическими взаимоотношениями, вследствие инокуляции семян активными штаммами ризобий, напротив, отмечалась максимальная концентрация азота в корнях, которая находилась в диапазоне 1,59...1,79 %.

В динамике во всех вариантах опыта заметна тенденция повышения содержания азота

в корневой системе в течение вегетации. Так, с каждым укосом концентрация азота в корнях увеличивается на 0,05...0,13 %. В то же время с возрастом растений, т.е. по годам пользования посевами, закономерность не выявляется.

Концентрация азота в стеблях растений примерно в 1,3...1,4 раза превосходило показатели содержания его в корневой системе, при этом общая закономерность между вариантами опыта была аналогичной. В посевах, менее обеспеченных биологически связанными формами азота (варианты – контроль и N₃₀) содержание азота в стеблях варьировало в диапазоне 1,96...2,26 %. В вариантах с активной симбиотической деятельностью (Ин-1800, Шт.425а и N₃₀+Ин) и, как следствие, более благоприятным уровнем обеспеченности растений биологически связанными формами азота, концентрация этого элемента в стеблях находилась в пределах 2,09...2,39 %.

Максимальная концентрация азота в исследованиях отмечалась в листьях и составила от 3,69 до 4,61 %, что в 1,8...2,1 раза больше содержания его в стеблях и в 2,5...2,7 раза больше содержания его в корнях растений. В динамике по вариантам опыта изменения в концентрации азота были обусловлены климатическими условиями вегетационного периода и обеспеченностью растений биологически связанными формами азота. Так, в вариантах, в которых применяли только предпосевную инокуляцию семян активными штаммами ризобий (Ин-1800 и Шт.425а), концентрация азота повышалась на 0,12...0,35 % в сравнении с посевами в естественных условиях (контрольный вариант). Аналогичное превосходство на 0,12...0,34% отмечено и в варианте с инокуляцией семян высокогорным инокулюмом клубеньковых бактерий на фоне стартовых доз азотных удобрений (N₃₀+Ин) над вариантом, в котором применяли только минеральные формы азота (N₃₀). В последнем случае исключением явился только самый начальный период (1-ый укос в год посева), что объяснимо недостаточно развитым симбиотическим аппаратом из-за наличия у растений минерального источника питания азотом (внесение стартовой дозы азотных удобрений).

Биохимические показатели получаемого корма являются важными качественными характеристиками многолетних бобовых трав. Благодаря своему биохимическому составу люцерна обладает высокой питательной ценностью, и является лидером по питательности среди всех кормовых культур.

На химический состав сена влияют многие экологические факторы среды, в том числе, и обеспеченность растений азотом. При этом минеральные и биологические формы азота оказывают разнонаправленное действие (табл. 2).

Таблица 2 – Биохимический состав сена люцерны в зависимости от типа азотного питания (% АСВ)

Укос	Показатель	Варианты опыта				
		Контр.	Ин-1800	Шт.425а	N ₃₀	N ₃₀ + Ин
2017 (год посева)						
1	сырой белок	21,1	22,3	22,0	20,9	21,0
	БЭВ	31,9	31,4	31,5	32,0	32,0
	клетчатка	24,8	24,3	24,5	24,9	24,7
	жир	4,3	4,0	4,0	4,4	4,3
	зола	10,9	11,1	11,1	10,9	11,0
2	сырой белок	21,4	22,7	22,4	21,2	22,2
	БЭВ	31,8	31,2	31,2	31,9	31,6
	клетчатка	24,5	24,1	24,2	24,7	24,3
	жир	4,1	3,7	3,7	4,1	3,9
	зола	11,0	11,3	11,2	11,0	11,2

Продолжение таблицы 2						
2018 (второй год жизни)						
1	сырой белок	18,0	19,7	19,5	18,0	19,5
	БЭВ	33,3	32,4	32,5	33,2	32,4
	клетчатка	26,5	25,8	25,9	26,7	25,9
	жир	4,2	4,0	4,0	4,2	4,0
	зола	11,0	11,2	11,2	11,0	11,2
2	сырой белок	19,2	20,9	20,7	19,3	20,8
	БЭВ	32,8	31,9	32,0	32,6	31,9
	клетчатка	25,8	25,3	25,3	26,1	25,2
	жир	3,8	3,5	3,6	3,7	3,6
	зола	11,3	11,5	11,4	11,2	11,5
3	сырой белок	20,3	21,8	21,7	20,4	21,9
	БЭВ	32,5	31,4	31,6	32,3	31,5
	клетчатка	25,3	24,7	24,7	25,4	24,6
	жир	3,4	3,2	3,2	3,4	3,3
	зола	11,5	11,9	11,8	11,4	11,8
2019 (третий год жизни)						
1	сырой белок	17,9	18,5	18,4	17,9	18,3
	БЭВ	33,5	32,7	32,8	33,4	32,7
	клетчатка	26,6	26,7	26,6	26,5	26,7
	жир	4,0	3,8	3,9	4,1	3,8
	зола	11,1	11,3	11,3	11,2	11,3
2	сырой белок	19,0	19,8	19,9	19,1	19,8
	БЭВ	33,0	32,2	32,2	32,9	32,2
	клетчатка	25,9	25,9	25,8	25,7	25,9
	жир	3,7	3,5	3,6	3,8	3,5
	зола	11,4	11,6	11,5	11,5	11,6
3	сырой белок	20,3	21,1	21,0	20,3	21,1
	БЭВ	32,4	31,6	31,7	32,4	31,6
	клетчатка	25,1	25,0	25,1	25,0	24,9
	жир	3,5	3,3	3,3	3,6	3,3
	зола	11,6	12,0	11,9	11,6	12,0

Анализируя данные таблицы следует отметить положительное влияние биологически фиксированного азота воздуха на концентрацию белка в сене люцерны во все годы пользования посевами. Так, в год посева в вариантах, где растения имели только симбиотрофный тип азотного питания (Ин-1800 и Шт.425а) содержание белка в сене было выше показателей контрольного варианта на 0,9...1,2 % при первом укосе и на 1,0...1,3 % при втором укосе. В тоже время в варианте только с минеральным типом азотного питания (N₃₀) содержание белка в сене снизилось на 0,2 % при каждом укосе.

При совместном использовании минерального и симбиотрофного типов питания (N₃₀+Ин) концентрация белка в сене при первом укосе находилась примерно на уровне контрольного варианта – 21,0 %, однако ко второму укосе концентрация белка существенно увеличилась (22,2 %), превзойдя показатели варианта с естественными условиями на 0,8 %, и приблизилась к показателям вариантов с симбиотрофным типом питания. Это обстоятельство, видимо, связано с тем, что в начале вегетации (до 1-го укоса), при наличии в почве стартовых доз легкогидролизуемого азота, растения используют в основном минеральный тип питания. При этом острой необходимости в активных симбиотических взаимоотношениях нет и клубеньковые бактерии недостаточно вовлечены в азотфиксирующий процесс. Минеральный азот улучшает ростовые процессы и в общей биомассе увеличивается доля стеблей, снижая тем самым качество сена.

В дальнейшем, при исчерпывании стартовой дозы азотных удобрений, бобоворизобийный симбиоз активизируется, и клубеньковые бактерии реализуют свой азотфиксирующий потенциал. Растения, лучше обеспеченные биологическим азотом, формируют биомассу с лучшей облиственностью и, как следствие, повышенной концентрацией белка в сене. Аналогичная тенденция по содержанию белка в сене люцерны наблюдалась и в последующие годы

пользования посевами, но с меньшим диапазоном колебаний между вариантами к третьему году опытов.

Содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) и клетчатки в сене люцерны имели противоположную закономерность с концентрацией белка. Максимальное их содержание во все годы пользования посевами и во все укосы в течение вегетации отмечалось в посевах с естественными условиями (контроль) и варианте с применением только стартовых доз азотных удобрений (N_{30}). В противоположность им, варианты с лучшей обеспеченностью симбиотически фиксированным азотом атмосферы имели меньшее содержание в сене БЭВ и клетчатки. При этом, вариант с двумя типами азотного питания ($N_{30}+Ин$) был близок по показателям БЭВ и клетчатки к варианту только с симбиотрофным типом питания (Ин-1800).

Динамика концентрации жира в сене люцерны была аналогична клетчатке и БЭВ, однако диапазон колебаний между вариантами был минимальным – в пределах 0,4 % в год посева и 0,2...0,3 % во второй и третий годы пользования посевами. Среднее содержание жира в сене люцерны находилось в пределах 3,2...4,4 % и имело тенденцию к снижению с возрастом посевов и в течение вегетации с каждым укосом.

Содержание золы в сене люцерны колебалось в пределах 10,9...12,0 % и имело тенденцию к незначительному увеличению в течение вегетации, а также и с возрастом посевов. Анализируя данные по вариантам также можно отметить, что при лучшей обеспеченности растений биологически связанным азотом концентрация зольных элементов несколько повышается.

Выводы:

- максимальное количество азота концентрируется в листьях – от 3,69 до 4,61 %, что в 1,8...2,1 раза больше содержания его в стеблях и в 2,5...2,7 раза больше содержания его в корнях;

- при улучшении обеспеченности посевов биологически связанными формами азота увеличивается содержание этого элемента во всех органах растений: в листьях на 0,12...0,35 %, в стеблях на 0,06...0,19 %, в корнях на 0,04...0,14 %;

- в динамике в посевах люцерны установлена тенденция повышения содержания азота во всех органах в течение вегетации: с каждым укосом концентрация азота увеличивается в листьях на 0,05...0,29 %, в стеблях на 0,06...0,17 %, в корнях на 0,05...0,13 %;

- с улучшением обеспеченности растений биологическим связанным азотом, повышается концентрация белка и зольных элементов в биомассе растений и, напротив, минеральный тип азотного питания повышает содержание в сене клетчатки, безазотистых экстрактивных веществ и жира. Максимальная концентрация белка в сене (18,5...22,7 % АСВ) и зольных элементов (11,1...12,0 % АСВ) была достигнута в варианте с инокуляцией семян высокогорным инокулюмом клубеньковых бактерий (Ин-1800). В этом же варианте отмечено минимальное в опыте содержание клетчатки, БЭВ и жира.

Библиография

1. Бедило Н. А. Продуктивность, кормовая ценность и симбиотическая активность видов бобовых трав и их травосмесей на черноземе выщелоченном западного Предкавказья: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Краснодар, 2016. 131 с.
2. Дзанагов С. Х. Плодородие почв и удобрения. – Орджоникидзе: Ир, 1987. 199 с.
3. Доев Д. Н., Козырев А. Х. [Текст] / Агрэкологическое значение посевов люцерны в условиях вертикальной зональности РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53. № 4. С. 223–228.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований): учебник [Текст] / Б.А. Доспехов. 6-е изд. Москва: Альянс, 2011. 352 с.
5. Козырев А. Х. Научное обоснование реализации биологического потенциала люцерны в Центральной части Северного Кавказа: автореф. дис. ... д-р с.-х. наук: 06.01.09. Владикавказ, 2009. 42 с.
6. Козырев А. Х., Плиев М. А., Дарчиева Д. И. [Текст] / Новая парадигма интродукции бобовых трав в Северной Осетии // Кормопроизводство. 2007. № 8. С. 28–29.
7. Козырев А. Х., Уртаев А. Л., Алборова П. В. [Текст] / Биологическая фиксация азота воздуха донником желтым в предгорной зоне РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51. № 3. С. 71–77.

8. Козырев А. Х., Фарниев А. Т. [Текст] / Продуктивность посевов люцерны в зависимости от интенсивности азотфиксации в условиях Центральной части Северного Кавказа // Кормопроизводство. 2009. № 7. С. 28–31.
9. Овчаренко Н. С., Козырев А. Х. Микромитеты ароматических и лекарственных растений Крыма : монография. Владикавказ: ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2018. 256 с. ISBN 978-5-906647-55-9.
10. Патент № 2670169 Российская Федерация, МПК A01N 63/00, A01G 22/40, A01G 7/00. Способ сохранения активности клубеньковых бактерий при интродукции : № 2017144988 : заявл. 20.12.2017 : опубл. 18.10.2018 / Козырев А.Х., Бекузарова С.А., Болатати Н.О. [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО Горский ГАУ. – 5 с.
11. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха [Текст] / Г.С. Посыпанов. М.: Агропромиздат, 1991. 300 с.
12. Фарниев А. Т., Козырев А. Х. [Текст] / Ресурсосберегающая технология возделывания люцерны на сено и семена // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50. № 2. С. 67–75.
13. Фарниев А. Т., Сабанова А. А., Козырев А. Х. [Текст] / Роль люцерны и козлятника восточного в биологизации земледелия в РСО-Алания // Аграрная Россия. 2004. № 1. С. 24–26.
14. Цоциева В. П., Болатати Н. О., Козырев А. Х. [Текст] / Размеры и активность симбиотического аппарата посевов клевера при использовании высокогорных штаммов клубеньковых бактерий // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Т. 52. № 4. С. 26–32.
15. Farniev A. T., Kozyrev A. Kh., Sabanova A. A., Kokoev Kh. P., Khanaeva D. K., Bazaeva L. M., Alborova P. V. [Text] / Biologizing technologies for crops cultivation // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Т. 6. № 5. P. 8956–8962. doi: 10.5281/zenodo.2669529.

References

1. Bedilo N. A. Produktivnost', kormovaya cennost' i simbioticheskaya aktivnost' vidov bobovyh trav i ih travosmesej na chernozieme vyshchelochennom zapadnogo Predkavkaz'ya [Productivity, feeding value and symbiotic activity of species of leguminous herbs and their traumas on the black earth of the leached Western Pre-Caucasus] : dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.01. Krasnodar, 2016. 131 p.
2. Dzanagov S. H. Plodorodie pochv i udobreniya [Soil fertility and fertilizers]. Ordzhonikidze: Ir, 1987. 199 p.
3. Doev D. N., Kozyrev A. Kh. Agroekologicheskoe znachenie posevov lyucerny v usloviyah vertikal'noj zonal'nosti RSO-Alaniya [Agroecological importance of alfalfa crops under vertical zonal conditions of RNO-Alania] // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. Vol. 53. № 4. Pp. 223–228.
4. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki issledovaniy) [Field experience methodology (with basic statistical processing of studies)]: uchebnik. 6-e izd. Moskva: Al'yans, 2011. 352 p.
5. Kozyrev A. Kh. Nauchnoe obosnovanie realizacii biologicheskogo potenciala lyucerny v Central'noj chasti Severnogo Kavkaza [Scientific justification for the realization of the biological potential of alfalfa in the Central North Caucasus]: avtoref. dis. ... d-r s.-h. nauk: 06.01.09. Vladikavkaz, 2009. 42 s.
6. Kozyrev A. Kh., Pliev M. A., Darchieva D. I. Novaya paradigma introdukcii bobovyh trav v Severnoj Osetii [A new paradigm for the introduction of leguminous herbs in North Ossetia] // Kormoprodukcija. 2007. №8. P.28–29.
7. Kozyrev A. Kh., Urtaev A. L., Alborova P. V. Biologicheskaya fiksaciya azota vozduha donnikom zhelytm v predgornoj zone RSO-Alaniya [Biological fixation of air nitrogen with Melilotus officinalis in the pre-mountain zone of RNO-Alania] // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. Vol. 51. № 3. Pp. 71–77.
8. Kozyrev A. Kh., Farniev A. T. Produktivnost' posevov lyucerny v zavisimosti ot intensivnosti azotfiksacii v usloviyah Central'noj chasti Severnogo Kavkaza [Productivity of alfalfa crops depending on the intensity of nitrogen fixation in the conditions of the Central part of the North Caucasus] // Kormoprodukcija. 2009. № 7. Pp. 28–31.
9. Ovcharenko N. S., Kozyrev A. Kh. Mikromicety aromaticeskikh i lekarstvennyh rastenij Kryma [Micromycetes of aromatic and medicinal plants of Crimea] : monografiya. Vladikavkaz: Gorskij gosagrouniversitet, 2018. 256 p. ISBN 978-5-906647-55-9.
10. Patent № 2670169 Rossijskaya Federaciya, MPK A01N 63/00, A01G 22/40, A01G 7/00. Sposob sohraneniya aktivnosti klubenk'ovyh bakterij pri introdukcii [Method of preserving activity of legume bacteria in introduction] : № 2017144988 : zayavl. 20.12.2017 : opubl. 18.10.2018 / Kozyrev A. Kh., Bekuzarova S. A., Bolatati N. O. [i dr.] ; zayavitel' FGBOU VO Gorskij GAU. – 5 p.
11. Posypanov G.S. Metody izucheniya biologicheskoy fiksacii azota vozduha [Methods of studying biological fixation of air nitrogen] / G.S. Posypanov. M.: Agropromizdat, 1991. 300 p.
12. Farniev A. T., Kozyrev A. Kh. Resursosberegayushchaya tekhnologiya vzdelyvaniya lyucerny na seno i semena [Resource-saving technology to cultivate alfalfa on hay and seeds] // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. Vol. 50. № 2. Pp. 67–75.
13. Farniev A. T., Sabanova A. A., Kozyrev A. Kh. Rol' lyucerny i kozlyatnika vostochnogo v biologizacii zemledeliya v RSO-Alaniya [The role of alfalfa and galega orientalis in biologic farming in RNO-Alania] // Agrarnaya Rossiya. 2004. № 1. S. 24–26.
14. Tsotsieva V. P., Bolatati N. O., Kozyrev A. Kh. Razmery i aktivnost' simbioticheskogo apparata posevov klevera pri ispol'zovanii vysokogornyh shtammov klubenk'ovyh bakterij [Size and activity of the symbiotic clover sowing apparatus using high mountain strains of tuber bacteria] // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. Т. 52. № 4. S. 26–32.

15. Farniev A. T., Kozyrev A. Kh., Sabanova A. A., Kokoev Kh. P., Khanaeva D. K., Bazaeva L. M., Alborova P. V. Biologizing technologies for crops cultivation / // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Т. 6. № 5. P. 8956–8962. doi: 10.5281/zenodo.2669529.

Сведения об авторах

Козырева Марина Юрьевна, аспирант четвертого года обучения кафедры землеустройства и экологии, ФГБОУ ВО Горский ГАУ, ул. Кирова, д. 37, г. Владикавказ, Республика Северная Осетия-Алания, Россия, 362040, e-mail: ironlag@mail.ru

Басиева Лариса Жураповна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и экологии, ФГБОУ ВО Горский ГАУ, ул. Кирова, д. 37, г. Владикавказ, Республика Северная Осетия-Алания, Россия, 362040, тел.+7 8672 53-52-31, e-mail: alagirka@yandex.ru

Information about authors

Kozyreva Marina Yurievna, graduate student of the fourth year of training of department of land management and ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Gorsky State Agricultural University», 37 Kirov Str., Vladikavkaz, Republic Northern Ossetia-Alania, Russia, 362040, e-mail: ironlag@mail.ru

Basieva Larisa Zhurapovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of land administration and ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Gorsky State Agricultural University», 37 Kirov Str., Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, Russia, 362040, tel. 7 8672 53-52-31, e-mail: alagirka@yandex.ru

УДК 633.854.78:631.524

Е.Г. Котлярова, М.Н. Рязанов

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Аннотация. Исследования проводились в 2015-2018 гг. в ЗАО «Краснояружская зерновая компания» Белгородской области на территории с полностью освоенной адаптивно-ландшафтной системой земледелия. Опыт трехфакторный: фактор А (рельефные условия): 1. склон 0-3°, 2. склон 3-5° северной экспозиции; фактор В: 1. вспашка (контроль), 2. глубокая безотвальная обработка, 3. без обработки (No-till); фактор С: 1. без удобрений; 2. компост соломопометный (20 т/га); 3. сидерат (горчица белая). Цель: оценить взаимосвязь биометрических и продукционных параметров среднеспелого гибрида НК Неома и их изменчивость под влиянием агроприемов. Биометрические показатели помимо погодных условий зависели от способа основной обработки почвы: отсутствие осенней подготовки почвы приводило к достоверному их уменьшению. Влияния органических удобрений также, как и ландшафтных условий не выявлено. Только оценка взаимодействия факторов показала, что внесение компоста способствовало существенному увеличению высоты растений на 7 см в условиях склонового рельефа, диаметра корзинки – на 2 см – при внесении его под вспашку, площади листьев – при применении No-till. Сидерат в наиболее сложных условиях (No-till на склоне 3-5°) способствовал достоверному росту высоты растений на 8 см и площади ассимиляционной поверхности посевов – на 1,4 тыс. м²/га. Биотические и абиотические факторы, оказавшие положительное влияние на развитие вегетативных органов, вследствие сопряженности ростовых процессов опосредовано через продукционные свойства генеративного органа (количество семян в корзинке, масса семян с корзинки и масса 1000 семян) обусловили повышение урожайности и масличности среднеспелого гибрида.

Ключевые слова: подсолнечник, обработка почвы, органические удобрения, рельеф, биометрические параметры, показатели продуктивности.

VARIABILITY OF MORPHOMETRIC PARAMETERS AND PRODUCTIVITY INDICATORS OF SUNFLOWER

Abstract. The research was carried out in 2015-2018 in JSC "Krasnoyaruzhskaya grain company" of the Belgorod region in which fully developed adaptive landscape farming system. Three-factor experience: factor A (relief conditions): 1. slope 0-3°, 2. slope 3-5° North exposure; factor B: 1. plowing (control), 2. subsurface tillage, 3. without processing (No-till); factor C: 1. without fertilizers; 2. straw-litter compost (20 t/ha); 3. green manure (white mustard). The aim is to assess the relationship between biometric and productivity parameters of the mid-season hybrid Neoma NC and their variability under the influence of agricultural practices. Biometric indicators, in addition to weather conditions, depended on the method of basic tillage: the absence of tillage led to their significant decrease. The influence of organic fertilizers as well as landscape conditions was not revealed. Only the assessment of the factors interaction showed that the compost utilization contributed to a significant increase in plant height by 7 cm on the slope spot, the basket diameter - by 2 cm - when it was applied under plowing, the leaves area - when No-till. Green manure in the most difficult conditions (No-till on a slope of 3-5°) contributed to a significant increase in plant height by 8 cm and the area of the assimilation surface of crops - by 1.4 thousand m² / ha. Biotic and abiotic factors that had a positive impact on the vegetative organs development, due to the conjugacy of the growth processes is indirectly through the productive properties of the generative organ (the number of seeds in the basket, the basket seeds weight and the weight of 1000 seeds) raised the yield and oil content of mid-season hybrid of sunflower.

Keywords: sunflower, soil treatment, organic fertilizers, relief, biometric parameters, productivity indicators.

Введение. Изучение изменчивости биометрических параметров растений подсолнечника позволяет оценить насколько благоприятными для роста и развития культуры были условия, сложившиеся в агроценозе; какое регулирующее воздействие на эти условия оказали изучаемые в опыте факторы. Выявление причин, влияющих на уровень урожайности подсолнечника, связано прежде всего с оценкой изменчивости элементов структуры его урожая от испытываемых агроприемов и абиотических факторов периода исследований.

Несмотря на закономерное единство всех процессов, происходящих в растительном организме, в зависимости от внешних условий они имеют однонаправленный или противоположный (компенсационный) характер проявления. Более того, специфика таких взаимоотношений часто предопределена особенностями генотипов [1, 2] и, как было показано в наших предыдущих исследованиях, принадлежностью гибридов к разным группам спелости [3]. Установлена сопряженность развития вегетативных и генеративных органов у раннеспелых

гибридов, тогда как у среднепозднего гибрида такая связь имела отрицательный характер. Косвенное подтверждение наших выводов получено в исследованиях А.И. Цилюрик и В.Н. Судака [4] на раннеспелом гибриде Ясон.

Цель работы: оценка взаимосвязей между морфометрическими параметрами и показателями продуктивности среднеспелого гибрида НК Неома. Изучение реакции на внешние факторы данного гибрида, относящегося к промежуточной группе спелости между раннеспелой и среднепоздней группами, позволит получить дополнительные сведения о влиянии генетически обусловленной продолжительности вегетационного периода на вариабельность продукционных качеств и их зависимость от основных элементов технологии – обработки почвы и удобрений в различных рельефных условиях.

Методы и материалы. Исследования проводились в 2015-2018 гг. на базе ЗАО «Красноярская зерновая компания» (Белгородская область) на территории с полностью освоенной адаптивно-ландшафтной системой земледелия. Почва участков: чернозем типичный: содержание гумуса 4,5-4,9% (среднее), рН_{сол.} – 6,1-6,4, содержание подвижного фосфора и калия (по Чирикову) соответственно 134-210 и 190-234 мг/кг почвы. Опыт трехфакторный: фактор А (рельефные условия): 1. склон 0-3°, 2. склон 3-5° северной экспозиции; фактор В (основная обработка почвы): 1. вспашка (контроль) – ПЛН-4-35 на глубину 25-27 см, 2. глубокая безотвальная обработка – SunFlower на глубину 25-27 см, 3. без обработки (No-till); фактор С (органические удобрения): 1. без удобрений; 2. сидерат (горчица белая); 3. компост соломоплетный (20 т/га). Посевная площадь делянок – 100 м², учетная площадь – 50 м², повторность трехкратная. Перед посевом сидерата и внесением компоста проводилась послеуборочное лушение стерни Amazone – Catros, исключая вариант с нулевой обработкой почвы. Сев подсолнечника производился сеялкой Massey Ferguson семенами гибрида НК Неома фирмы Syngenta.

За период наблюдения среднемесячная температура незначительно отличалась от среднемесячных значений (рис. 1).

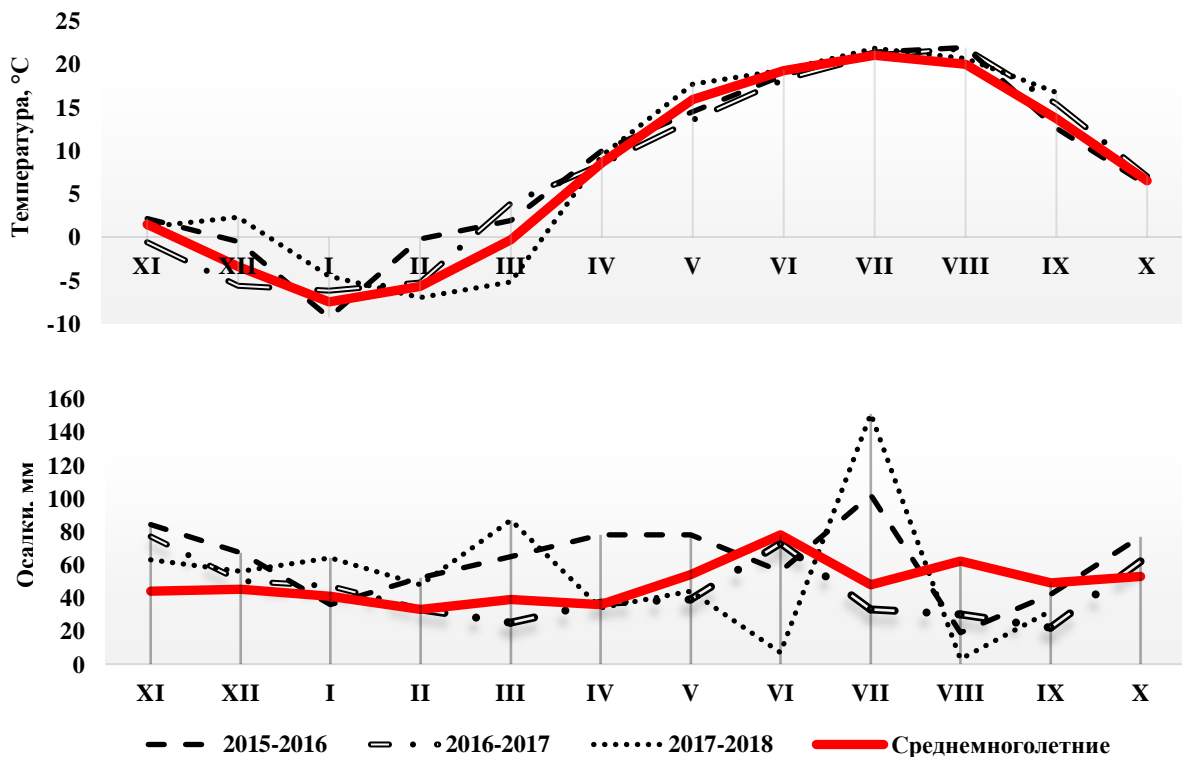


Рис. 1. метеоусловия периода исследований (2015-2018 гг.)

В весенний и летний период 2017 года количество выпавших осадков находилось ниже среднепогодного уровня; в отдельные месяцы (июль, август) выпало меньше половины ме-

сячной нормы. Это, очевидно, явилось причиной значительного снижения урожайности подсолнечника в этом году, поскольку критическим по влагообеспеченности является период цветения и налива семян. Годы исследований значительно отличались по динамике влагообеспеченности, что типично для региона исследований, и позволило дать объективную оценку влиянию изучаемых факторов.

Результаты и обсуждение. Анализ результатов исследований показал, что все определяемые ростовые параметры растений: высота, диаметр корзинки, количество листьев и их площадь зависели от условий года. Наибольшая их величина наблюдалась в третий год исследований (2018 г.), меньшая – в 2017 году.

Установлено, что изучаемые в опыте факторы были неодинаково значимы для различных биометрических показателей. Однако следует подчеркнуть, что изменчивость всех показателей в той или иной степени была обусловлена выбором способа основной обработки почвы. Причем, если преимущество отвального или безотвального способа обработки почвы наблюдалось лишь в отдельных случаях, то отказ от основной обработки почвы приводил к достоверному снижению величины всех биометрических параметров.

Высота растений подсолнечника по нулевой обработке составила в среднем 142 см (табл. 1). Применение вспашки привело к ее увеличению на 4 см, глубокого рыхления – на 7 см. Отмечено также влияние фактора удобрения на данный параметр: высота растений существенно снижалась при использовании сидерата – в среднем на 2-3 см. Влияние компоста на высоту растений не установлено, также как не установлено влияние ландшафтных условий. Тем не менее, оценка взаимодействия этих факторов свидетельствует, что внесение компоста на склоне 3-5° способствовало достоверному росту высоты растений в среднем на 7 см. И максимальной она отмечена при применении глубокого рыхления – 155 см.

Диаметр корзинки является не только отражением условий роста и развития растений, но и показателем их семенной продуктивности, поскольку установлено, что чем он больше, тем выше урожайность семян [5].

Помимо условий года диаметр корзинки зависел только от фактора обработки почвы. Причем значения не имела была обработка отвальной или безотвальной, диаметр корзинки в среднем составил 19 см. Применение No-till приводило к достоверному уменьшению параметра на 1 см.

Ландшафтные условия и органические удобрения прямого влияния на данный параметр не оказали. Однако установлено, что применение компоста имело достоверное преимущество (2 см) перед сидератом в равнинном рельефе. Кроме того, существенное преимущество компоста также установлено при внесении его под вспашку.

Количество листьев на растениях подсолнечника не зависело от изучаемых факторов, а определялось только условиями года так как это описано выше.

Площадь листовой поверхности помимо погодных условий обусловлена выбором способов основной обработки почвы, различия между которыми сформировали следующий убывающий ряд: глубокая безотвальная обработка (5480 см²), вспашка (5351 см²) и No-till (5259 см²). Различия между No-till и вспашкой были недостоверными.

Ландшафтные условия и органические удобрения имели лишь некоторое влияние на эффективность различных способов основной обработки почвы. Например, при переходе от склонового рельефа к равнинному площадь ассимиляционного аппарата при применении осенней подготовки почвы возрастала: при вспашке в среднем на 72 см², при глубоком рыхлении – на 62 см². Тогда как при нулевой обработке рост составил всего 7 см². В то же время внесение органических удобрений не оказывало положительного влияния на данный параметр при проведении обработки, тогда как в ее отсутствие использование компоста способствовало увеличению площади листьев на 156-202 см², а сидерата на склоновом участке – на 302 см².

Таблица 1 – Биометрическая характеристика посевов подсолнечника (2016-2018 гг.)

Фактор А (Ландшафтные условия)	Фактор В (Основная обработка почвы)	Фактор С (Органические удобрения)	Высота, см	Диаметр корзинки, см	Листья, шт.	Площадь листьев, см ² /раст.	Густота стояния растений, тыс. шт./га	Площадь листьев, тыс. м ² /га
Склон 0-3° (контроль)	вспашка	без удобрений	152	19,0	20,2	5388	53,2	28,7
		компост	145	21,0	20,4	5382	53,2	28,7
		сидерат	143	18,2	20,6	5389	53,2	28,7
	глубокое рыхление	без удобрений	152	19,6	20,6	5624	53,1	29,9
		компост	147	19,2	20,8	5434	53,2	28,9
		сидерат	151	17,7	20,9	5477	53,1	29,1
	без обработки	без удобрений	144	17,6	20,1	5224	52,7	27,5
		компост	140	18,3	20,6	5426	52,7	28,6
		сидерат	140	17,4	19,9	5159	52,7	27,2
Склон 3-5° с.э.	вспашка	без удобрений	144	17,7	20,8	5316	53,1	28,2
		компост	149	19,3	20,3	5316	53,0	28,2
		сидерат	143	19,6	21,1	5312	53,3	28,3
	глубокое рыхление	без удобрений	146	19,2	20,6	5453	52,9	28,8
		компост	155	18,3	20,2	5514	53,2	29,3
		сидерат	141	18,9	20,7	5381	53,0	28,5
	без обработки	без удобрений	138	18,4	20,4	5096	52,7	26,9
		компост	145	16,8	20,0	5252	52,7	27,7
		сидерат	146	18,2	20,4	5398	52,5	28,3
НСР ₀₅ для факторов, оказавших значимое влияние	Высота растения, см		В, С, D* – 2; АВ, АС – 3; ВС – 4					
	Диаметр корзинки, см		В, D – 0,7; АВ, АС – 1,20; ВС – 1,2					
	Количество листьев, шт.		D – 0,4					
	Площадь листовой поверхности, см ² /раст.		В – 123; D – 100					
	Густота стояния растений, тыс. шт./га		В, D – 0,2					
	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га		В – 0,7; D – 0,6					

Густота стояния растений зависела только от условий года и фактора обработки почвы с аналогичной направленностью их влияния, как и в случае показателя площади листьев одного растения, т.е. отмечалось достоверное снижение при применении No-till. Как следствие, это привело к существенному снижению площади ассимиляционной поверхности в целом посевов подсолнечника при отказе от основной обработки почвы на 0,8-1,4 тыс. м²/га.

В наших исследованиях оценивались такие показатели продуктивности, как количество семян в корзинке, масса семян с корзинки и масса 1000 семян. Статистическая обработка данных показала, что ни условия рельефа, ни применение органических удобрений существенно не влияли на данные признаки, которые достоверно зависели только от выбора способа основной обработки почвы.

Наибольшее количество семян в корзинке обусловила вспашка, при применении которой в корзинке насчитывалось 1272 семян в среднем за три года исследований (табл. 2). Несколько меньше семян (1260 шт.) наблюдалось при проведении глубокого рыхления. Значимо снижалось количество семян в отсутствие основной обработки почвы на 6-7% (1189 шт.).

Таблица 2 – Элементы структуры урожая подсолнечника (2016-2018 гг.)

Фактор А	Фактор В	Фактор С	Количество семян в корзинке, шт.	Масса семян с корзинки, г	Масса 1000 семян, г
Склон 0-3° (контроль)	вспашка	без удобрений	1285	92,4	78,2
		компост	1291	90,7	75,3
		сидерат	1301	91,3	76,3
	глубокое рыхление	без удобрений	1271	87,9	76,9
		компост	1250	88,8	76,3
		сидерат	1237	92,8	77,2
	без обработки	без удобрений	1179	84,6	72,9
		компост	1171	86,0	75,0
		сидерат	1174	84,2	73,7
Склон 3-5° с.э.	вспашка	без удобрений	1276	92,3	76,3
		компост	1231	88,9	75,0
		сидерат	1248	95,0	76,3
	глубокое рыхление	без удобрений	1258	93,4	75,2
		компост	1267	94,8	77,8
		сидерат	1276	90,9	75,0
	без обработки	без удобрений	1189	86,6	74,2
		компост	1189	86,1	71,9
		сидерат	1230	83,1	72,6
НСР ₀₅ для факторов, оказавших значимое влияние			В – 33;	В – 2,9	В – 1,5

Склоны разной крутизны совсем не отличались по данному параметру – 1240-1241 шт. Внесение компоста приводило к некоторому снижению количества семян в корзинке на 10-12 шт.

При отказе от основной обработки почвы масса семян с корзинки снижалась значимо на 7,4-7,9% по сравнению с безотвальной и отвальной обработкой почвы. Фактор удобрения не оказал никакого влияния: показатель изменялся в пределах одного грамма – 89,2-89,6 г. На 1,4 г в среднем масса семян с корзинки была больше на склоновом участке.

Масса 1000 семян подвергалась аналогичному влиянию изучаемых факторов: достоверно снижалась только при отказе от основной обработки почвы – на 3 г или 4%.

Очевидно вследствие некоторых отличий в сроках созревания и продолжительности вегетационного периода среднеспелого гибрида НК Неома, относящегося к промежуточной группе спелости между раннеспелой и среднепоздней группами, его реакция на внешние факторы выявила характерные особенности взаимосвязей между морфометрическими параметрами и показателями продуктивности.

Прежде всего, необходимо подчеркнуть, что взаимосвязи между биометрическими и продукционными показателями были положительными, но не все из них имели достоверный уровень.

Между параметрами вегетативных органов, высотой и площадью листовой поверхности, выявлена достоверная средней силы связь ($r=0,68^*$), подтверждающая единство ростовых процессов в растении (табл. 3).

Вегетативные органы имели хоть и положительную, но довольно слабую и недостоверную связь с генеративным органом ($r=0,17-0,37$); диаметр корзинки имел обособленный сценарий развития. В то же время его размер предопределял количество семян в корзинке ($r=0,55^*$) и, в конечном итоге, урожайность ($r=0,63^*$). Следует отметить, что высота растений существенно не влияла, хоть связь была положительной ($r=0,25-0,45$), практически на все показатели продуктивности подсолнечника. Исключение составила масса 1000 семян

($r=0,55^*$), которая зависела также и от площади ассимиляционного аппарата растений ($r=0,59^*$). Очевидно данный параметр напрямую обусловлен и почвенными условиями, и характером фотосинтеза, и является связующим звеном между морфометрическими параметрами и урожайностью, с которой имеет достоверную положительную средней силы связь ($r=0,66^*$).

Таблица 3 – Матрица парных коэффициентов корреляции между морфологическими и продукционными показателями посевов подсолнечника

Параметры	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1	-	-	-	-	-	-
X ₂	0,17	1	-	-	-	-	-
X ₃	0,68*	0,37	1	-	-	-	-
X ₄	0,45	0,55*	0,57*	1	-	-	-
X ₅	0,41	0,36	0,41	0,70*	1	-	-
X ₆	0,55*	0,40	0,59*	0,68*	0,78*	1	-
X ₇	0,43	0,63*	0,43	0,78*	0,67*	0,66*	1
X ₈	0,25	0,46	0,45	0,57*	0,39	0,58*	0,49*

Примечание: X₁ – высота растения, X₂ – диаметр корзинки, X₃ – площадь листовой поверхности на растении, X₄ – количество семян в корзинке, X₅ – масса семян с корзинки, X₆ – масса 1000 семян, X₇ – урожайность, X₈ – масличность, * - отмечены значения, достоверные на 5%-ном уровне значимости.

Все элементы продуктивности, характеризующие генеративный орган (количество семян в корзинке, масса семян с корзинки и масса 1000 семян), взаимосвязаны между собой достоверными положительными довольно сильными отношениями: коэффициент корреляции изменялся в пределах от 0,68* до 0,78*. Более того, они непосредственно определяли уровень урожайности ($r=0,66^*-0,78^*$), что вполне закономерно.

Обращает на себя внимание тот факт, что масличность семян достоверно зависела только от количества семян в корзинке и массы 1000 семян ($r=0,57^*-0,58^*$). Ее зависимость от урожайности уже отмечалась ($r=0,49^*$).

Таким образом, положительное влияние факторов, способствующих развитию вегетативных органов, на урожайность среднеспелого гибрида происходит опосредовано: через их положительное влияние на элементы генеративного органа (количество семян в корзинке, масса семян с корзинки и масса 1000 семян). То же справедливо и по отношению к содержанию масла в семенах.

Несмотря на это, ранее отмечался противоположный характер изменчивости урожайности и масличности по годам, свидетельствующий, что погодные условия, способствовавшие повышению урожайности, приводили к снижению масличности [6]. Действительно, коэффициент вариации, рассчитанный по годовым средним, ярко выявил эту особенность. Показатели изменчивости урожайности и масличности представляли собой крайние значения всего ряда изменчивости, в котором выделялись хорошо выраженные группы. В первую входили показатели изменчивости биометрических параметров (высота растений, площадь листовой поверхности и диаметр корзинки), коэффициент вариации которых изменялся от 9,7 до 14,7% (табл. 4). Изменчивость элементов продуктивности (масса семян с корзинки и масса 1000 семян) составила вторую группу: $C_v=7,3-8,7\%$. Количество семян в корзинке по годам изменялось незначительно – $C_v=2\%$, что сравнимо с показателем масличности. Это, очевидно, свидетельствует о высокой их детерминированности генотипом данного гибрида, что подтверждается достоверностью их связи ($r=0,57^*$) (табл. 3).

Коэффициент вариации величины выхода масла по годам $C_v=23,2\%$ практически такой же высокий, как и урожайности, что указывает на доминирующую роль урожайности культуры в определении уровня сбора масла с единицы площади.

Таблица 4 – Изменчивость морфометрических параметров и показателей продуктивности подсолнечника

Показатель	Коэффициент вариации (C_v), % с учетом				условий года
	изучаемых факторов				
	2016	2017	2018	среднее 2016-2018	
Высота растений	8,0	3,1	2,4	3,4	14,7
Диаметр корзинки	10,7	7,0	4,3	5,4	11,3
Площадь листьев на растении	5,2	2,1	2,8	2,4	9,7
Количество семян в корзинке	5,2	4,1	4,7	3,5	2,0
Масса семян с корзинки	8,0	2,4	5,1	4,1	8,7
Масса 1000 семян	2,7	2,8	3,7	2,7	7,3
Урожайность	5,4	6,3	4,0	4,7	24,3
Масличность	3,3	3,1	2,7	1,9	0,9
Сбор масла	7,10	8,80	5,00	5,8	23,2

При этом обращает на себя внимание кардинальное отличие в уровне изменчивости с учетом изучаемых факторов: коэффициент вариации изменялся в достаточно узких пределах – от 1,9% до 5,8%. При этом отмечалось отсутствие соответствия ранее выделенным группам.

Снижение уровня вариабельности могло быть как следствием положительного влияния элементов технологии, особенно применения основной обработки почвы, на развитие подсолнечника и его урожайность, так и сглаживанием различий за счет того, что рельефные условия не имели решающего влияния на уровень продуктивности культуры. Это свидетельствует, с одной стороны, что подсолнечник обладает высоким адаптивным потенциалом, а, с другой стороны, тот факт, что условия склонов северной экспозиции крутизной 3-5° по своим характеристикам и влиянию на культуру незначительно отличаются от равнинных условий. Последнее утверждение подтверждает выводы других исследователей [7-9].

Заключение. Таким образом, изменчивость всех биометрических параметров растений подсолнечника, кроме количества листьев, на которое влияли только погодные условия периода исследований, зависела от способа основной обработки почвы. Отсутствие осенней подготовки почвы приводило к достоверному уменьшению высоты растений на 4-7 см, площади листовой поверхности одного растения – на 92-221 см² и в целом посевов подсолнечника – на 0,8-1,4 тыс. м²/га, диаметра корзинки – на 1 см, густоты стояния растений – на 300-400 раст./га. При проведении осенней обработки более благоприятное влияние оказывало глубокое рыхление, способствовавшее достижению максимальных значений. Установлено также, что использование сидерата приводило к значимому снижению высоты растений на 2-3 см.

Влияния органических удобрений на другие биометрические показатели, также, как и ландшафтных условий не выявлено. Только оценка взаимодействия факторов показала, что внесение компоста способствовало существенному увеличению высоты растений на 7 см в условиях склонового рельефа, диаметра корзинки на 2 см при внесении его под вспашку, площади листьев – при применении No-till. Следует отметить, что использование сидерата, имевшее общее отрицательное влияние, в наиболее сложных условиях (No-till на склоне 3-5°) способствовало достоверному росту высоты растений (на 8 см), также, как и площади ассимиляционной поверхности как одного растения (+302 см²), так и в целом посевов подсолнечника – на 1,4 тыс. м²/га.

Взаимосвязи между биометрическими и продукционными показателями были положительными, но не все из них имели достоверный уровень. Положительное влияние биотических и абиотических факторов, способствующих развитию вегетативных органов, на урожайность среднеспелого гибрида происходит опосредовано: через их положительное влияние на элементы генеративного органа (количество семян в корзинке, масса семян с корзинки и масса 1000 семян). То же справедливо и по отношению к содержанию масла в семенах.

Библиография

1. Обыдало, А.Д. Изучение взаимосвязи биометрических параметров и элементов продуктивности гибридов подсолнечника / А.Д. Обыдало, Н.Д. Обыдало // Вклад Вавиловского общества генетиков и селекционеров в инновационное развитие Российской Федерации. Сборник статей по материалам научно-практической конференции Кубанского отделения ВОГиС, 2015. – С. 85-86.
2. Медведева, Н.В. Влияние густоты стояния растений на фенологические и биометрические показатели восстановителей фертильности пыльцы подсолнечника / Н.В. Медведева, С.В. Костевич // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаем будущее. Сборник статей XIV международной научно-практической конференции в 3 частях, 2018. – С. 125-128.
3. Котлярова, Е.Г. Изменчивость биометрических параметров гибридов подсолнечника в зависимости от способов основной обработки почвы и листовых подкормок / Е.Г. Котлярова, Л.С. Титовская // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2. – С. 17-23.
4. Цилюрик, А.И. Влияние мелкой обработки почвы и удобрений на биометрические показатели растений подсолнечника в Северной степи Украины / А.И. Цилюрик, В.Н. Судак // Вестник Прикаспия. – 2016. – № 3 (14). – С. 33-39.
5. Таволжанский, Н.П. Теория и практика создания гибридов подсолнечника в современных условиях / Н.П. Таволжанский. – Белгород, 2000. – 451 с.
6. Титовская, Л.С. Влияние способов основной обработки почвы и комплексных минеральных удобрений на показатели продуктивности гибридов подсолнечника / Л.С. Титовская, А.И. Титовская, Е.Г. Котлярова // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 8. – С. 91-95.
7. Каштанов, А.Н. Агроэкология почв склонов / А.Н. Каштанов, В.Е. Явтушенко. – Москва: Колос, 1997. – 240 с.
8. Соловиченко, В.Д. Воспроизводство плодородия почв и рост продуктивности сельскохозяйственных культур Центрально-Черноземного региона / В.Д. Соловиченко, С.И. Тютюнов, Г.И. Уваров. – Белгород: «Отчий край», 2012. – 256 с.
9. Котлярова, Е.Г. Динамика органического вещества почвы в системе ландшафтного земледелия / Е.Г. Котлярова // Земледелие. 2015. № 3. С. 20-24.

References

1. Obidalo, A.D. Izucheniye vzaimosvyazi biometricheskikh parametrov i elementov produktivnosti gibridov podsolnechnika [Study of the relationship of biometric parameters and elements of productivity of sunflower hybrids] / A.D. Obidalo, N.D. Obidalo // Contribution of Vavilov society of geneticists and breeders in the innovative development of the Russian Federation. Collection of articles based on the materials of the scientific and practical conference of the Kuban Department of VOGiS, 2015. - Pp. 85-86.
2. Medvedeva, N. V. Vliyanie gustoty stoyaniya rasteniy na fenologicheskkiye i biometricheskkiye pokazateli vosstaniviteley fertil'nosty pyl'cy podsolnechnika [Influence of plant standing density on phenological and biometric indicators of sunflower pollen fertility reducers] / N. V. Medvedeva, S. V. Kostevich // Science and education: preserving the past, creating the future. Collection of articles of the XIV international scientific and practical conference in 3 parts, 2018. - Pp. 125-128.
3. Kotlyarova, E.G. Variability of biometric of sunflower hibrids depending on basic tillage and foliar application / E.G. Kotlyarova, L.S. Titovskaya // Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. – 2018. – № 2. – С. 17-23.
4. Tsilyurik, A. I. Vliyanie melkoy obrabotki pochvy na biometricheskie pokazateli rasteniy podsolnechnika v Severnoy stepi Ukrainy [Influence of mini tillage and fertilizers on biometric indicators of sunflower plants in the Northern steppe of Ukraine] / A. I. Tsilyurik, V. N. Sudak // Bulletin of the Caspian sea. - 2016. - No. 3 (14). - Pp. 33-39.
5. Tavoizhansky, N. P. Teoriya i practica sozdaniya gibridov podsolnechnika v sovremennykh usloviyakh [Theory and practice of sunflower hybrids creating in modern conditions] / N. P. Tavoizhansky. - Belgorod, 2000. - 451 p.
6. Titovskaya, L.S. Impact of methods of basic soil dressing and complex minaral fertilizers upon indexes of productivity of sunflower hybrids / L.S. Titovskaya, A.I. Titovskaya, E.G. Kotlyarova // Advances in current natural sciences. – 2018. – № 8. – С. 91-95.
7. Kashtanov, A.N. Agroecologiya pochv sklonov [Agroecology of slope soils] / A. N. Kashtanov, V. E. Yavtushenko. - Moscow: Kolos, 1997. - 240 p.
8. Solovichenko, V.D., Tyutyunov S.I., Uvarov G.I. Vosproizvodstvo plodorodiya pochv i rost produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur Central'no-Chernozemnogo regiona. [Reproduction of soil fertility and growth of agricultural crops productivity in the Central Black Eearth region.] / V.D. Solovichenko, S.I. Tyutyunov, G.I. Uvarov. – Belgorod: «Otchiy kray», 2012. – 256 p.
9. Kotlyarova E.G. Dynamics of soil organic matter in the system of landscape agriculture // Zemledelie. 2015. № 3. P. 20-24.

Сведения об авторах

Котлярова Екатерина Геннадиевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия, агрохимии и экологии Белгородского государственного аграрного университета им. В.Я. Горина, +7-906-567-44-59, kotlyarovaeg@mail.ru

Рязанов Михаил Николаевич, аспирант Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина, +7-904-090-17-58, ryazanov1993@bk.ru

Information about authors

Kotlyarova Ekaterina Gennadievna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry and Ecology of the Belgorod State Agrarian University named V. Y. Gorin, + 7-906-567-44-59, kotlyarovaeg@mail.ru

Ryazanov Mikhail Nikolaevich, postgraduate student of the Belgorod SAU named V. Y. Gorin, + 7-904-090-17-58, ryazanov1993@bk.ru

УДК 504.53:631.453

Т.С. Морозова, А.В. Ширяев, Т.А. Тимофеев

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЦЕНОЗОВ И АГРОЦЕНОЗА

Аннотация. В связи с нарастающей техногенной нагрузкой, снижением буферной способности почвы и ограничением природных возможностей самой почвы к самоочищению, из-за усиливающегося насыщения её токсичными веществами оценка фитотоксичности почвы методом биоиндикации позволяет с минимумом затрат дать объективную оценку комплексного экологического состояния почвенного покрова. В результате исследований была выявлена незначительная разница в показателях кислотности между пахотными угодьями и их целинными аналогами. Следовательно, кислотность почв в значительной степени обусловлена совокупностью различных факторов, основными из которых являются климат, рельеф, растительность и деятельность человека. А снижение гидролитической кислотности целинных почв может быть связано с увеличением поступления в почву органического вещества. Установлено, что максимальный процент ингибирования роста зародышевых корешков семян озимой пшеницы оказала почвы участка, подверженного техногенному загрязнению, где он составил 72 %, затем почва участка с постоянным применением средств химизации – 24 % и минимальный процент ингибирования отмечен на почве естественного ценоза (вариант № 1), где он составил 8%. Определён класс токсичности исследуемой почвы: на участке № 1 – средняя токсичность, на участке № 2 отмечена сильная токсичность, на участке № 3 – слабая токсичность. Анализ параметров корневой системы показал, что чем выше токсическая нагрузка, тем слабее развивается корневая система. В целом, по усилению степени негативного проявления, почвы обследуемых участков можно поставить в следующий ряд: почва естественного ценоза < почва агроценоза < почва естественного ценоза, подверженного техногенной нагрузке.

Ключевые слова: агроценоз, почва, кислотность, фитотоксичность, биоиндикация,

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF PHYTOTOXICITY OF SOIL OF NATURAL CENOSES AND AGROCENOSIS

Abstract. Due to the increasing man-made load, the decrease in soil buffering capacity and the limitation of the natural possibilities of the soil itself to self-clean, due to the increasing saturation of its toxic substances, the assessment of soil phytotoxicity by bioindication allows to give an objective assessment of the complex ecological state of the soil cover with a minimum of costs. The studies revealed a slight difference in acidity rates between arable land and its celine counterparts. Consequently, soil acidity is largely due to a combination of various factors, the main ones being climate, relief, vegetation and human activity. And the decrease in the hydrolytic acidity of the celic soils may be due to the increase in the input of organic matter into the soil. It was found that the maximum percentage of inhibition of growth of germ roots of winter wheat seeds was the soil of the site subject to man-made contamination, where it was 72%, then the soil of the site with constant use of chemizing agents - 24% and the minimum percentage of inhibition was observed on the soil of natural cenothesis (variant No. 1), where it was 8%. The class of toxicity of the studied soil is determined: on site № 1 - average toxicity, on site № 2 there is a strong toxicity, on site № 3 - weak toxicity. Analysis of root system parameters showed that the higher the toxic load, the weaker the root system develops. In general, by increasing the degree of negative manifestation, the soil of the surveyed areas can be put in the following row: soil of natural cenothesis < soil of agrocnosis < soil of natural cenothesis subject to man-made load.

Keywords: agrocnosis, soil, acidity, phytotoxicity, bioindication.

Введение. Почва занимает особое место в экологических системах и выполняет множество функций. Главная из них – экологическая, которая обеспечивает жизненное пространство для человека и живых организмов.

Усиливающее антропогенное воздействие на природную среду достигло уровня, при котором происходят существенные изменения в химическом составе почвенного покрова. Одним из свойств почвы является её фитотоксичность. Данное свойство обусловлено наличием загрязняющих веществ в почве, оказывающих ингибирующее воздействие на рост и развитие высших растений. [3,4,10]

Интенсивное применение физиологически кислых минеральных удобрений, а также природно-антропогенные факторы стали причиной подкисления почвенного раствора чернозёмов, нейтральных по природе. На рост и развитие сельскохозяйственных растений, а именно на усвоение ими питательных веществ кислотность почвы оказывает существенное влияние. Реакция почвенного раствора – фактически определяет агрохимические качества почв, и как следствие, ростовые процессы у растений. Чрезмерно низкие показатели (рН < 4,0) и очень

высокие ($pH > 9,0$) угнетают развитие корневой системы растений и могут стать причиной их гибели. [1,2,6,7]

Цель нашего исследования – изучить влияние антропогенного фактора на некоторые агрохимические показатели плодородия почвы и провести биотестирование различных образцов почвы, определяя их фитотоксичность методом проростков.

Достижение поставленной цели сопровождалось решением следующих задач:

1. Изучить влияние антропогенного фактора на агрохимические показатели плодородия почвы.
2. Изучить влияние техногенной нагрузки на изменение всхожести, длина надземной и корневой систем озимой пшеницы.
3. Оценить фитотоксический эффект почв различных ценозов по энергии прорастания семян тест-культур.

Методы и материалы. Нами в лабораторных условиях было проведено биотестирование проб почвы, взятой под естественными биоценозами – вблизи леса и на пустыре и агроценозом – пашня.

Отбор почвенных проб производился в сентябре 2019 года. Образцы почв отбирали из корнеобитаемого слоя. Для проведения лабораторных исследований их готовили по стандартной методике

Во время отбора почвенных образцов на пустыре было выявлено антропогенное преобразование почвы: компоненты строительного мусора включены в почвенный профиль и обнаруживаются с глубины 30 см.

Анализ проводили в 3-кратной повторности. В качестве тест-культуры была использована озимая мягкая пшеница (*Triticum aestivum L.*) сорта Альмера. На ровной поверхности почвенной пластинки раскладывали по 25 семян испытуемого растения. Степень фитотоксичности почв рассчитывали по изменению длины корешков и проростков тест-растения, выращенных на исследуемых почвах по отношению к контролю, выраженную в процентах. Определялась фитотоксичность почв биотест по корням (ФПк), по изменению длины трехдневных корешков и фитотоксичность почв биотест по ростку (ФП(>)) по изменению длины пятидневных проростков.

Для выяснения возможного влияния реакции почвенного раствора на ростовые функции тест-культуры, нами были определены агрохимические показатели: гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований. Гидролитическую кислотность почвы и сумму поглощённых оснований определяли по методу Каппена-Гильковица в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212 и ГОСТ 27821-88). [8]

Результаты и их обсуждение. Величина гидролитической кислотности в почве варианта № 1 – естественный ценоз составила 2,6 мг-экв/100 г почвы, в почве вариантов № 2 и 3 отмечается увеличение данного показателя. В почве, отобранной в поле, где возделывалась озимая пшеница Нг составила 4,0 мг-экв./100 г почвы, а в почве, отобранной на целине – 2,9 мг-экв./100 г почвы. Кислотность почвы изменяется от близкой к нейтральной на естественных ценозах, до слабокислой – на пашне.

Сумма обменных оснований на целинном участке чернозема несколько выше, чем в почве агроценоза и составила 4,1 и 3,0 ммоль/100 г почвы соответственно.

В целом определяемые нами показатели, находятся в оптимальных диапазонах и, вероятно, не могут оказывать сильного ингибирующего влияния на ростовые функции тест-культуры.

После инкубации семян в течение 5 дней подсчитывали количество проростков в контрольном и опытных вариантах и вычисляли всхожесть семян озимой пшеницы (рис.1).

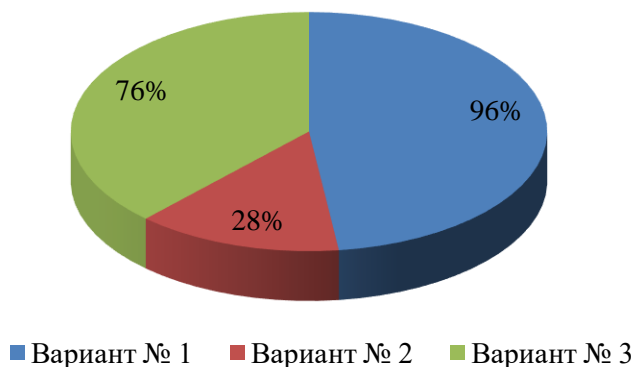


Рис. 1. Всхожесть семян озимой пшеницы на различных образцах почвы (вариант № 1 – почва вблизи леса, вариант № 2 – почва пустыря, вариант № 3 – почва пашни)

Результаты биоиндикации показали, что самыми чистыми являются почва целинного участка леса - 96 % всхожесть семян пшеницы, слабо загрязнённой можно считать почву агроценоза, где показатель всхожести составил 76%. Почва, отобранная на пустыре, оказала ингибирующее воздействие на прорастание семян и всхожесть составила лишь 28 %.

Результаты изучения проявления фитотоксичности, по интенсивности нарастания проростков озимой пшеницы и росту корней представлены на рисунке 2.

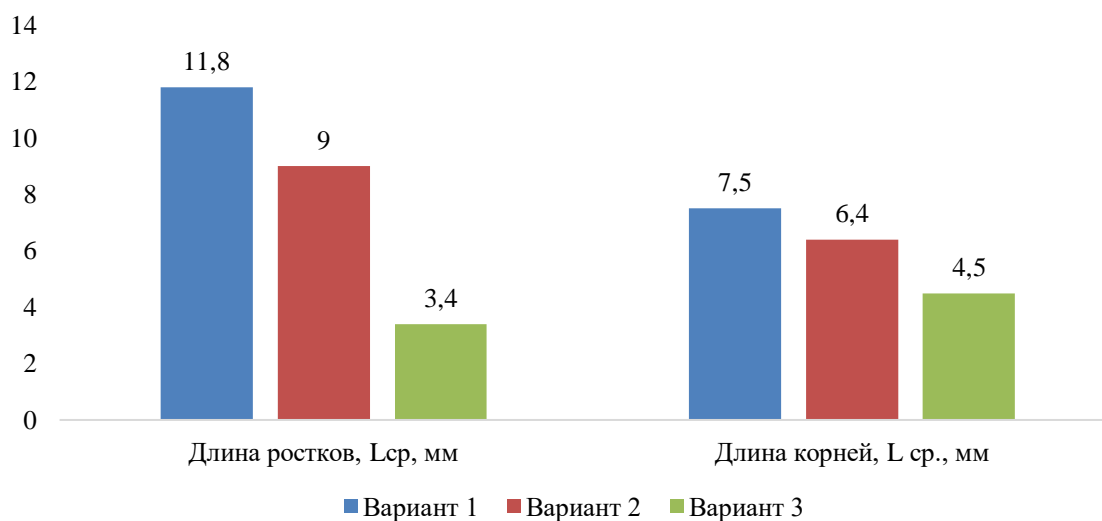


Рис. 2. Морфологические показатели средней длины ростков и корней, выращенных на различных образцах почвы (вариант № 1 – почва вблизи леса, вариант № 2 – почва пашни, вариант № 3 – почва пустыря)

Анализ параметров корневой системы показал, что для проб почвы, взятых с участков, подверженных влиянию антропогенной деятельности, характерны ростки и корни меньшей длины, при этом, чем выше токсическая нагрузка, тем слабее развивается корневая система. Так средняя длина ростков растений на варианте № 3 в 3,5 раза меньше чем растений варианта № 1, а длина корней меньше в 1,7 раза.

Степень фитотоксичности почв рассчитывали по изменению длины корешков озимой пшеницы, выращенных на исследуемых почвах по отношению к контролю, выраженную в процентах. [9]

Индикация по нарастанию корешков показала, что большей токсичность – 72 % обладает почва пустыря и согласно шкалы токсичности оценивается как очень сильно токсичная (рис. 3). Почва отобранная вблизи леса, т.е не испытывающая антропогенного воздействия, фитотоксический эффект не проявила и он составил 8,0 %, а почва пашни проявила слабую

фитотоксичность – 24 %, что может обусловлено аккумуляцией в почве химических веществ, поступающих с удобрениями и средствами защиты растений.

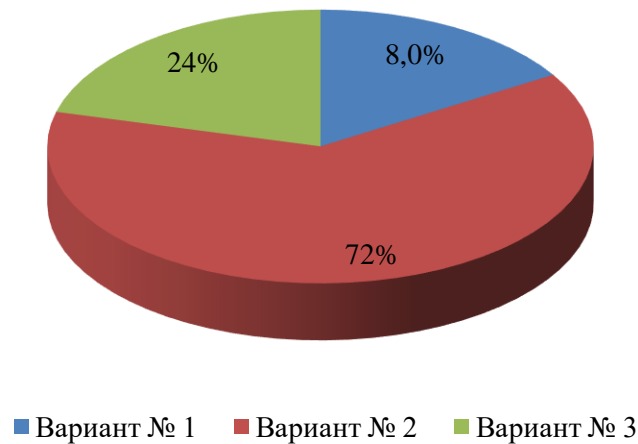


Рис. 3. Фитотоксичность почвы (вариант № 1 – почва вблизи леса, вариант № 2 – почва пустыря, вариант № 3 – почва пашни)

Заключение. На основании полученных данных можно сделать вывод, что содержание в почве загрязняющих веществ оказывает прямое воздействие на морфологические признаки растений озимой пшеницы, при замерах высоты надземной и подземной части растений наблюдались следующие зависимости: с увеличением токсичности почвы высота побегов и длина корней уменьшались.

Анализ проявления токсичности почвы по нарастанию корешков показал, что почва отобранная вблизи леса, т.е не испытывающая антропогенное воздействие фитотоксической эффект не проявляет, почва пашни имеет слабую фитотоксичность, а загрязнённая почва пустыря проявила очень сильную токсичность.

Результаты работы могут найти применение для сравнительной оценки состояния почвы естественного биоценоза и агроценоза, а также для оценки и прогноза возможных негативных последствий для растительных сообществ антропогенной деятельности.

Библиография

1. Агроэкологическое состояние пахотных земель и основные направления воспроизводства их плодородия в Центральном Черноземье [Текст] / А.И. Стифеев, В.И. Лазарев, Н.А. Хижняков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 9. – С. 99-103.
2. Акинчин А. В. Изменение питательного режима чернозема типичного в зависимости от технологии возделывания культур [Текст] / А. В. Акинчин, С. А. Линков, А. Г. Ступаков // Сахарная свекла: научно-практический журнал. – 2016. – № 2. – С. 43-46.
3. Зинченко М.К. Биологическая токсичность серой лесной почвы в зависимости от систем удобрений [Текст] / М.К. Зинченко, О.В. Селицкая // Агрехимический вестник. – 2011. – № 5. – С. 38-40.
4. Изменение агрохимических показателей чернозема обыкновенного и морфологических показателей *Tagetes patula* при использовании удобрений [Текст] / Л.Ю. Гончарова, Е.И. Симонович, Л.В. Бурлуцкая и др. // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8. – С.64-67.
5. Карпова Е.А. Оценка фитотоксичности почвы, экспериментально загрязнённой тяжёлыми металлами [Текст] / Е. А. Карпова, А. А. Ермаков, Ю. С. Парубец // Теоретическая и прикладная экология. – 2014. – № 2. – С.52-56.
6. Линков. С.А. Изменение токсичности и микробиологической активности почвы под влиянием сидеральных культур и способов их заделки [Текст] / С.А. Линков, Л.Н. Кузнецова, А.В. Акинчин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – Белгород, 2017. – № 3 (15). – С. 108-115.
7. Состояние почв Российской Федерации и основные направления стабилизации и повышения их плодородия [Текст] / А.И. Стифеев, Е.А. Бессонова, О.В. Никитина и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1. – С. 49-52.
8. Тимофеев Т.А. Изменение физико-химических свойств почвы при сельскохозяйственном использовании [Текст] / Т.А. Тимофеев, Т.С. Морозова // Материалы Международной студенческой научной конференции «Горинские чтения. Наука молодых-инновационному развитию АПК» (18-19 марта 2019 года): в 4т. Том 1.п.-Майский:Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2020.– С.57.

9. Тимофеев Т.А. Определение фитотоксичности почв различных ценозов методом биотестирования [Текст] / Т.А. Тимофеев, К.В. Левакшина, Т.С. Морозова // Материалы Международной студенческой научной конференции «Горинские чтения. Наука молодых-инновационному развитию АПК»(18-19 марта 2019 года): в 4т. Том1.п.-Майский:Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ,2020.– С.104.

10. Шпис Т.А. Влияние почвенных факторов на формирование фитотоксичности черноземов [Текст] / Т.Э. Шпис, Ю.С. Ананьева // Вестник Алтайского аграрного университета. – 2010. – № 11(73). – С. 27-30.

References

1. Agroecological state of agricultural land and main areas of reproduction of fertility in the central black soil [Text] / A.I. Stifeev, V.I. Lazarev, N.A. Khizniakov // Journal of the Kursk State Agricultural Academy. - 2016. - № 9. - P.99-103.

2. Akinchin A. V. Change of nutritional regime of blackness typical depending on the technology of cultivation of crops [Text] / A. V. Akinchin, S. A. Linkov, A. G. Stupakov // Sugar beet: scientific and practical journal. - 2016. - № 2. - S. 43-46.

3. Zinchenko M.K. Biological toxicity of grey forest soil depending on fertilizer systems [Text] / M.K. Zinchenko, O.V. Selitskaya // Agrochemical Gazette. - 2011. - № 5. - P 38-40.

4. Change of agrochemical indices of the common blackness and morphological indices of *Tagetes patula* with the use of fertilizers [Text] / L.Y. Goncharov, E.I. Simonovich, L.V. Burlutskaya, etc. // Fundamental research. - 2014. - № 8. - С. 64-67.

5. Karpova E. A. Assessment of phytotoxicity of soil experimentally contaminated with heavy metals [Text] / E. A. Karpova, A. A. Yermakov, Yu. S. Parubets // Theoretic and applied ecology. - 2014. - № 2. - С.52-56.

6. Linkov. S.A. Change of toxicity and microbiological activity of soil under the influence of sideral crops and methods of their filling [Text] / S.A. Linkov, L.N. Kuznetsov, A.V. Akinchin // Innovations in agro-industrial complex: problems and prospects. - Belgrade, 2017. - № 3 (15). - P 108-115.

7. State of soils of the Russian Federation and the main directions of stabilization and improvement of their fertility [Text] / A.I. Stifeev, E.A. Besonov, O.V. Nikitin, etc. // Journal of the Kursk State Agricultural Academy. - 2015. - № 1. - С. 49-52.

8. Timofeev T.A. Change of physical and chemical properties of soil during agricultural use [Text] / T.A. Timofeev, T.S. Morozova // Materials of the International Student Scientific Conference "Gorinsky Readings. Science of Young-Innovative Development of Agro-Industrial Complex "(March 18-19, 2019): in 4t. Tom1.p.-May: Publishing House of FSBOU VAUD Belgorodsky GAU, 2020.- С.57.

9. Timofeev T.A. Determination of phytotoxicity of soils of various prices by biotest method [Text] / T.A. Timofeev, K.V. Levakshina, T.S. Morozova // Materials of the International Student Scientific Conference "Gorinsky Readings. Science of Young-Innovative Development of Agro-Industrial Complex "(March 18-19, 2019): in 4t. Tom1.p.-May: Publishing House of FSBOU ГАУ, 2020.- С.104.

10. Spis T.A. Influence of soil factors on formation of phytotoxicity of black earths [Text] / T.E. Spis, Y.S. Ananeva // Journal of Altay Agrarian University. - 2010. - № 11 (73). - P 27-30.

Сведения об авторах

Морозова Тамара Сергеевна, ассистент кафедры земледелия, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, контактный телефон +74722 39-26- 68;

Ширяев Александр Владимирович, доцент кафедры земледелия, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, контактный телефон +74722 39-26- 68;

Тимофеев Тимофей Аркадьевич, студент 3 курса агрономического факультета ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, контактный телефон +74722 39-26- 68.

Information about authors

Morozova Tamara Sergeevna, candidate of agricultural Sciences, assistant professor of the department of agriculture, agrochemistry and ecology, Belgorod state agricultural University named after V. Gorin, Vavilov St.1, set. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod Region, 308503, contact phone 8(4722)39-26- 68;

Shiryayev Alexander Vladimirovich, candidate of agricultural Sciences, associate professor of the department of agriculture, agrochemistry and ecology, Belgorod state agricultural University named after V. Gorin, phone: 8(4722) 39-26-68;

Timofeev Timofey Arkadyevich, Student of the 3 course of the agronomic faculty Belgorod state agricultural University named after V. Gorin, phone: 8(4722) 39-26-68.

УДК 634.11.13

*З.Е. Ожерельева, А.А. Гуляева***УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕРЕШНИ К ВЕСЕННИМ ЗАМОРОЗКАМ**

Аннотация. В данной статье обобщены экспериментальные исследования по устойчивости к весенним заморозкам сортов черешни в течение в 2018–2019 годы. Исследования проводили на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых культур ФГБНУ ВНИИСПК. Объектами исследований служили 7 сортов черешни селекции института: Аделина, Малыш, Орловская розовая, Орловская фея, Подарок Орлу, Сияна, Троснянская. Цель настоящих исследований – изучить устойчивость к весенним заморозкам сортов черешни селекции ВНИИСПК методом искусственного промораживания и выделить наиболее устойчивые. Моделировали в начале мая весенние заморозки: -1° , -2° и -3°C в климатической камере «Espec» PSL-2KPH. При каждом температурном режиме брали цветков и бутонов по 100 шт. в 3-х кратной повторности каждого сорта. Температуру снижали со скоростью 1°C в час. Длительность воздействия отрицательной температуры – 3 часа. Опытный материал выдерживали в лаборатории (24 ч.) в сосудах с водой при $t = 22^{\circ}\text{C}$. Степень повреждения бутонов и цветков определяли визуально. Оценивали повреждение тычинок, пестиков по потемнению тканей. В бутонах и распустившихся цветках после заморозков в первую очередь повреждался пестик, тычинки оставались не повреждёнными. По мере фенологического развития генеративных органов черешни происходит снижение их устойчивости к весенним заморозкам. В результате искусственного промораживания отметили начало повреждения цветков при температуре -1°C . При этом отметили высокую устойчивость бутонов черешни. Моделирование заморозков -2°C и -3°C увеличило количество погибших цветков и бутонов. Высокоустойчивых сортов черешни не выявили. Проведенный эксперимент позволил выделить устойчивый к весенним заморозкам сорт черешни Малыш. Среднеустойчивые сорта – Орловская фея, Троснянская. Слабоустойчивые – Орловская розовая, Сияна. Неустойчивые сорта – Аделина, Подарок Орлу.

Ключевые слова: черешня, весенний заморозок, искусственное промораживание, бутоны, цветки, устойчивость.

RESISTANCE OF SWEET CHERRIES TO SPRING FROSTS

Abstract. This article summarizes experimental studies on the resistance of sweet cherry cultivars to spring frosts during the 2018-2019 years. The studies were carried out on the basis of the laboratory of fruit crop resistance physiology at the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. Seven sweet cherry cultivars of the Institute breeding were studied: 'Adelina', 'Malysh', 'Orlovskaya Rozovaya', 'Orlovskaya Feya', 'Podarok Orлу', 'Siyana' and 'Trosnyanskaya'. The purpose of this research was to study the sustainability of sweet cherry cultivars of the Institute breeding to spring frosts during flowering by the method of artificial freezing and to identify the resistant cultivars. It is shown that a lower amount of active temperatures was required for early-flowering plants than for late-flowering plants. Spring frosts were simulated in the climate chamber "Espec" PSL-2KPH in early May: -1° , -2° and -3°C . At each temperature regime, flowers and buds were taken for 100 pcs. in 3-fold repetition of each cultivar. The temperature was lowered at a rate of 1°C per hour. The duration of exposure to negative temperatures was 3 hours. The experimental material was kept in the laboratory (24 hours) in vessels with water at $t = 22^{\circ}\text{C}$. The degree of damage to buds and flowers was determined visually. Damage to the stamens and pistils was assessed by darkening of the tissues. In buds and blooming flowers after frosts, the pistils were first damaged, the stamens were not damaged. With the phenological development of the generative organs of cherries, their resistance to spring frosts decreased. As a result of the artificial freezing, the beginning of damage to the flowers was noted at a temperature of -1°C . At the same time, high stability of cherry buds was noted. Modeling frosts of -2°C and -3°C increased the number of dead flowers and buds. High-resistant cultivars of cherries were not identified. Due to the experiment, 'Malysh' was identified as a resistant cherry cultivar; 'Orlovskaya Feya' and 'Trosnyanskaya' as moderately resistant cultivars; 'Orlovskaya Rozovaya' and 'Siyana' as weakly resistant; 'Adelina' and 'Podarok Orлу' as unstable cultivars.

Keywords: sweet cherry, spring frost, artificial freezing, buds, flowers, resistance.

Введение. Величина урожая, качество продукции зависит от многих факторов, в том числе и от устойчивости генеративных органов растений к весенним заморозкам, которые губительно воздействуют на бутоны, цветки, завязи плодовых культур и тем самым приносят значительный экономический ущерб садоводству [1, 2] (Winkler et al. 2013; Ожерельева, Гуляева, 2015).

Косточковые культуры требовательны к теплу, поэтому часто на потери урожая влияют весенние заморозки, длительное похолодание в период цветения и завязывания плодов [3, 4, 5] (Vitasse et al. 2014; Ожерельева, Гуляева, 2015, 2016). В полевых условиях венгерскими учеными Szalay (2001) [6] было отмечено, что температура $-3... -10^{\circ}\text{C}$ вызывала различную степень подмерзания цветков сортов персика. При температуре -4°C количество поврежденных цветков не превышало 29%. Температура -7°C вызывала 80% подмерзания цветков, а при -

10°C было 100% повреждение цветков. В других исследованиях отмечено более 50% повреждение от заморозков при температуре -2 и 100% при температуре -10°C (Szabo, 2002) [7].

Исследование, проведенное нами [8] (Ожерельева, Ефремов, 2019) по морозостойкости генеративных органов вишни в контролируемых условиях, показало, что при температуре минус 1°C отметили незначительное повреждение цветков (менее 25%). Бутоны при этом не повредились. При минус 2°C более половины цветков подмерзли (57,5%), бутоны повредились незначительно (12,5%). При воздействии температуры минус 3 выявлены существенные повреждения генеративных органов вишни (цветки – 88,2% и бутоны – 52,2%). Результаты исследований морозостойкости сортов персика показали, что бутоны повреждаются в диапазоне температур от -6,8 до -11,2°C. Цветки повреждались от -1,7 до -4,1°C [9] (Szalay et al., 2018). Полученные результаты в контролируемых условиях свидетельствуют о том, что морозостойкость при воздействии низких температур оценивается с высокой степенью достоверности [9] (Szalay et al. 2018). Однако исследований о морозостойкости генеративных органов черешни, основанных на искусственном промораживании практически нет.

Цель исследований – изучить устойчивость к весенним заморозкам сортов черешни селекции ВНИИСПК методом искусственного промораживания и выделить наиболее устойчивые.

Материалы и методика. Исследования проводили на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений ВНИИСПК в 2018-2019 годах. Объектами служили сорта черешни селекции института. Устойчивость генеративных органов черешни к весенним заморозкам определяли методом искусственного промораживания [10] (Леонченко и др., 2007). Промораживали ветки с соцветиями, так как это больше соответствует естественным условиям. Ветки связывали в пучки так, чтобы соцветия были открыты, часть листьев удаляли. Основание веток смазывали садовым варом и обертывали влажной тканью. Моделировали в начале мая весенние заморозки: -1°, -2° и -3°C в климатической камере «Espec» PSL-2КРН (Япония). При каждом температурном режиме брали цветков и бутонов по 100 шт. в 3-х кратной повторности каждого сорта. Температуру снижали со скоростью 1°C в час. Длительность воздействия отрицательной температуры – 3 часа. После достижения температуры 0...-1°C ветки опрыскивали водой из пульверизатора для предотвращения переохлаждения и продолжали снижать температуру до установленной. Ветки оттаивали при 0...2°C, затем постепенно повышали температуру до 20...22°C со скоростью 3°C в час. Опытный материал выдерживали в лаборатории (24 ч.) в сосудах с водой при $t = 22^\circ\text{C}$. Степень повреждения бутонов и цветков определяли визуально. В каждом соцветии просматривали цветки и бутоны. Оценивали повреждение тычинок, пестиков по потемнению тканей. Затем подсчитывали количество здоровых и поврежденных цветков и бутонов. Повреждение пестика [11, 12, 13] (Rodrigo 2000; Salazar-Gutierrez et al., 2014; Matzneller et al., 2016) означает, что завязывания плодов не будет.

Исходя из анализа результатов, исследований провели ранжирование сортов черешни по устойчивости к весенним заморозкам на 5 групп:

1. Высокоустойчивые сорта – суммарное количество поврежденных цветков и бутонов после промораживания при -3°C менее 10 %;
2. Устойчивые сорта – суммарное количество поврежденных цветков и бутонов после промораживания при -3°C от 11 до 25 %;
3. Среднеустойчивые сорта – суммарное количество поврежденных цветков и бутонов при -3°C от 26 до 50 %;
4. Слабоустойчивые сорта – сумма поврежденных цветков и бутонов после промораживания при -3°C от 51 до 75 %;
5. Неустойчивые сорта – суммарное количество поврежденных цветков и бутонов при -3°C более 75 %.

Сумма активных температур для каждого изученного сорта была рассчитана сложением среднесуточной температуры воздуха $\geq 3^\circ\text{C}$ в весенний период, которая необходима для начала цветения черешни. Результаты обрабатывали методом дисперсионного анализа [14] (Доспехов, 1985), с использованием программы MS Excel.

Результаты и их обсуждение. Из-за нестабильных погодных условий в начале вегетационного периода сорта черешни часто подвергаются воздействию неблагоприятных температурных факторов. Так за последние 10 лет в конце апреля минимальная температура воздуха снижалась в пределах от -1,4...-6,2°C (рисунок 1).

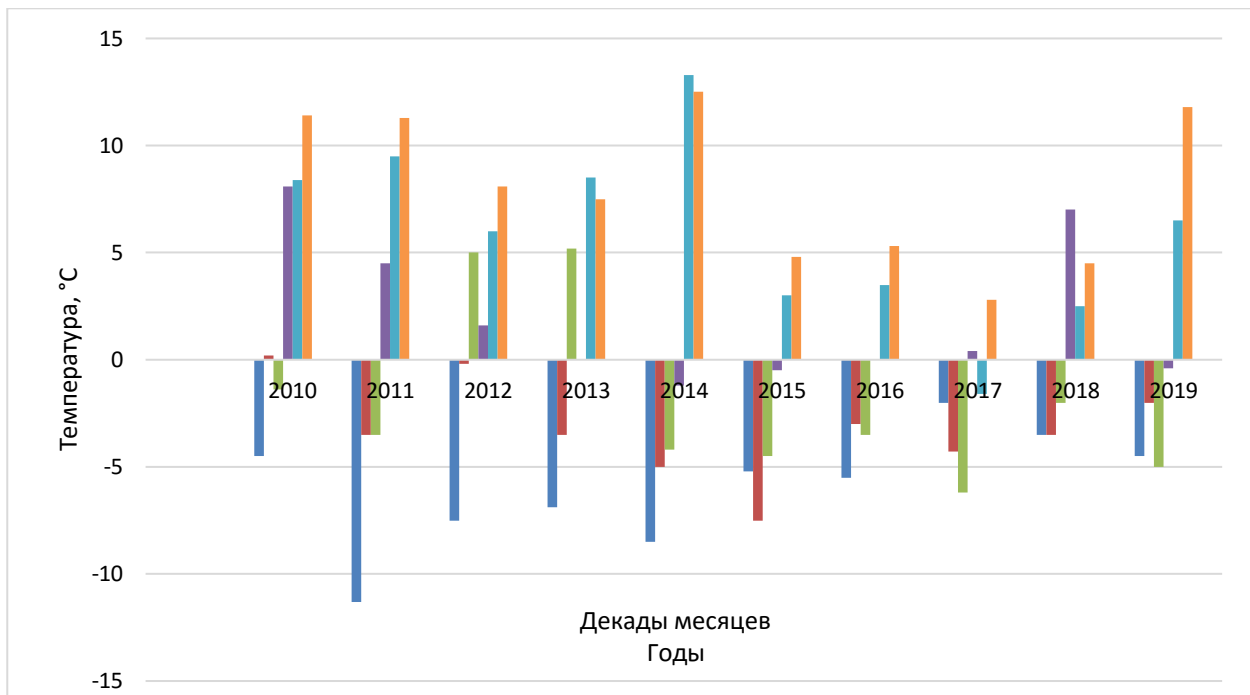


Рис. 1. Минимальная температура воздуха в апреле и мае по декадам за период 2010-19 гг.

В начале III декады месяца у сортов черешни генеративные органы находились в фазе – выдвигание соцветий, в конце декады – обособление бутонов. Отрицательная температура воздуха вреда в эти фазы развития генеративным органам не нанесла.

В начале мая 2014 г. в период начала цветения сортов черешни наблюдали понижение температуры воздуха до -1,2°C, которое негативно не повлияло на будущий урожай, т.к. репродуктивные органы находились в фазе – разрыхление бутонов (раскрылось незначительное количество бутонов, которые и повредились). В 2017 году 11 мая температура воздуха снижалась до -1,6°C.

Генеративные органы черешни были в стадии развития – образование завязей. Завязавшиеся плоды косточковых культур отличаются слабой устойчивостью к отрицательной температуре, которые начинают повреждаться уже при $t = -1,1^{\circ}\text{C}$ [5] (Ожерельева, Гуляева, 2016). От воздействия температуры -1,6°C у изучаемых сортов завязь повредилась не более 20 % [15] (Ожерельева, Гуляева, 2018, рисунок 2) и в дальнейшем опала.

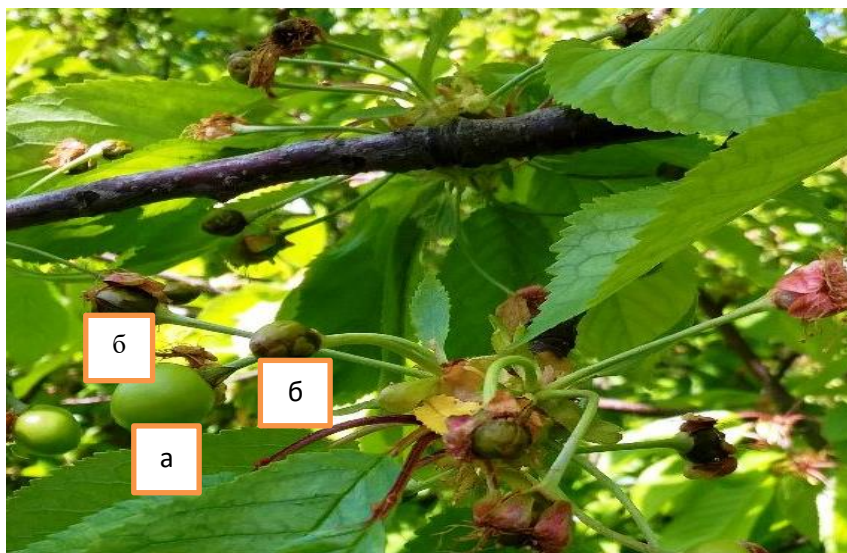


Рис. 2. Неповрежденная (а) и поврежденная завязь (б) сорта черешни Подарок Орлу весенним заморозком минус 1,6°C в полевых условиях 2017 года

Активная температура – важный биологический параметр, характеризующий любую культуру. Весеннее развитие генеративных почек у черешни начинается при среднесуточной температуре $\geq 3^{\circ}\text{C}$. Период от возобновления вегетации до распускания цветковых почек продолжается около месяца. В Орловской области черешня цветет в конце апреля-начале мая. За годы исследований рассчитали сумму активных температур (САТ), на основании чего разделили изучаемые сорта условно по срокам цветения. К раноцветущим отнесли сорта Орловская розовая и Троснянская (САТ = 255,8°C и 241,4°C соответственно). К среднецветущим причислили сорт Сияна (САТ = 276,8°C) и поздноцветущим – Аделина, Малыш, Орловская фея, Подарок Орлу (САТ = 298,4°C).

На основании наших 2-х летних опытов по искусственному промораживанию семи сортов черешни можно сделать вывод, что по мере фенологического развития генеративных органов происходит снижение их устойчивости к весенним заморозкам. В распутившихся цветках и бутонах от отрицательной температуры в первую очередь повреждался пестик (рисунок 3).

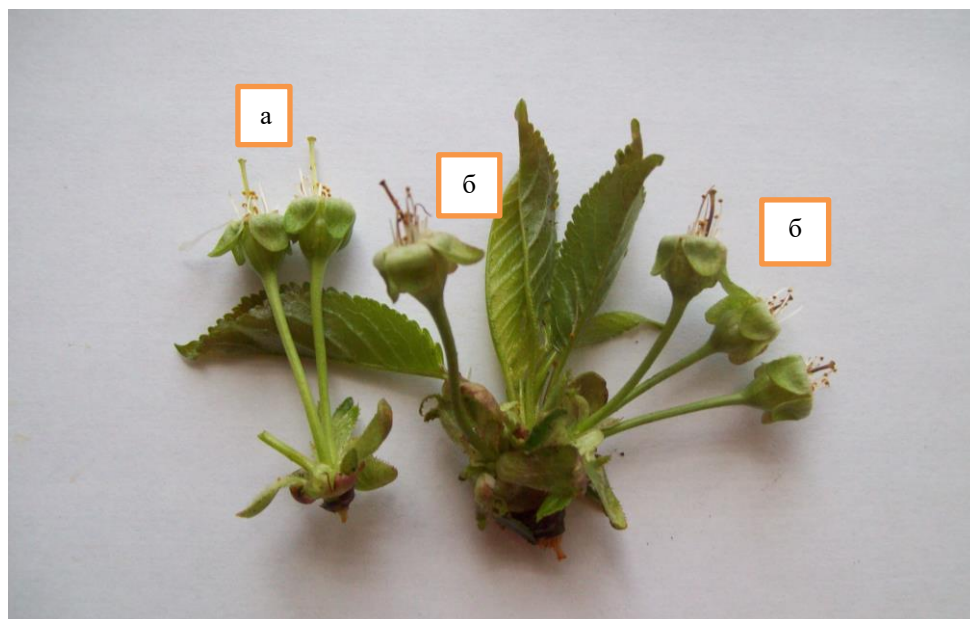


Рис. 3. Не повреждённый (а) и поврежденный (б) отрицательной температурой пестик генеративных органов черешни в контролируемых условиях

В результате искусственного промораживания выявлены сорта черешни (Аделина, Малыш, Орловская фея, Троснянская), у которых бутоны выдержали температуру -1°C без повреждений. У сортов Орловская розовая, Подарок Орлу, Сияна отметили незначительное повреждение бутонов при снижении температуры до -1°C . При этом в большей степени повредились бутоны у сорта Сияна (рисунок 4).

После воздействия температуры -2°C отметили сорта Малыш и Орловская фея без повреждений бутонов. У сортов Аделина, Орловская розовая и Троснянская бутоны повредились незначительно (менее 10 %). В большей степени бутоны повредились при $t = -2^{\circ}\text{C}$ у Подарка Орлу и Сияны (рисунок 4).

При температурном режиме -3°C бутоны в разной степени подмерзли у всех изучаемых сортов черешни. Сорта Малыш и Орловская фея имели минимальное повреждение бутонов. У остальных сортов черешни бутоны повредились в пределах от 13,7 до 22,4 % (рисунок 4).

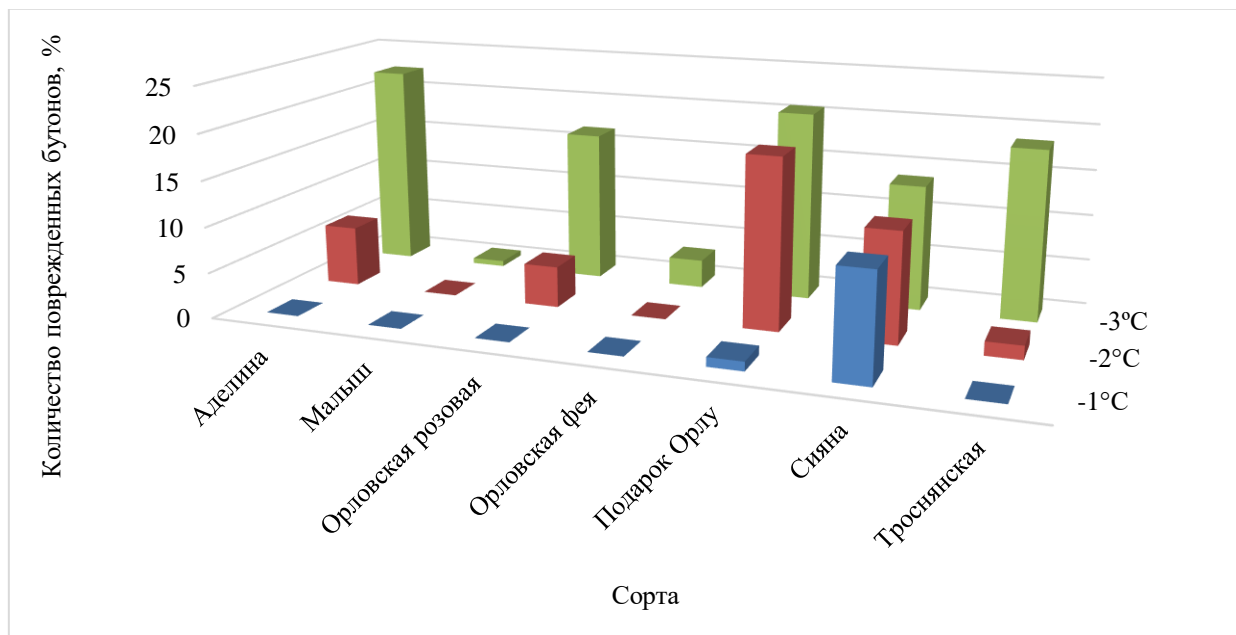


Рис. 4. Повреждение бутонов черешни после моделирования весенних заморозков, %

При снижении температуры до -1°C выявлены сорта черешни (Малыш, Орловская розовая, Орловская фея, Троснянская) с поврежденными пестиками в цветках менее 10 %. Максимальное количество поврежденных цветков при этом отметили у сортов Подарок Орлу и Сияна (рисунок 5).

После воздействия температуры -2°C у сорта Орловская розовая цветки повредились незначительно менее 10 %. У сортов Малыш и Троснянская зафиксировали повреждение цветков – 12,9 и 14,2 соответственно. В большей степени цветки повредились при $t = -2^{\circ}\text{C}$ у Аделины, Подарка Орлу и Сияны (рисунок 5).

Промораживание сортов черешни при температурном режиме -3°C во время цветения позволило выявить сорт Малыш с наименьшим процентом поврежденных цветков. У ряда сортов черешни (Троснянская, Орловская розовая, Орловская фея) выявили среднюю степень повреждения цветков при действии температуры -3°C . Сильное повреждение цветков при температурном режиме -3°C наблюдали у Аделины и Подарка Орлу (рисунок 5).

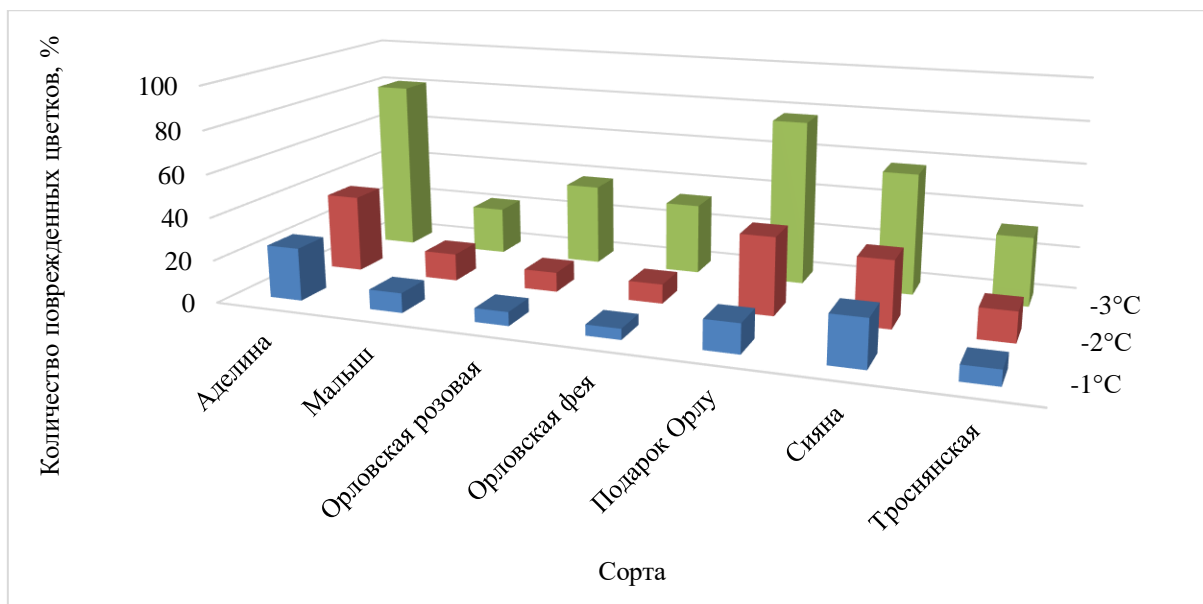


Рис. 5. Повреждение цветков черешни после моделирования весенних заморозков, %



Рис. 6. Плодоношение сорта черешни Малыш

Заключение. По мере фенологического развития генеративных органов черешни происходит снижение их устойчивости к весенним заморозкам. В большей степени повреждались цветки, чем бутоны. В бутонах и распустившихся цветках после заморозков в первую очередь повреждался пестик, тычинки оставались не повреждёнными. Повреждение пестика означает, что завязывания плодов не будет. В результате искусственного промораживания отметили начало повреждения цветков при температуре -1°C . При этом отметили высокую устойчивость бутонов черешни. Моделирование заморозков -2°C и -3°C увеличило количество погибших цветков и бутонов. Высокоустойчивых сортов черешни при этом не выявили. Проведенный эксперимент позволил выделить устойчивый к весенним заморозкам сорт черешни Малыш. Среднеустойчивые сорта – Орловская фея, Троснянская. Слабоустойчивые – Орловская розовая, Сияна. Неустойчивые сорта – Аделина, Подарок Орлу.

Библиография

1. Winkler, J.A., Cinderich, A.B., Ddumba, S.D., Doubler, D., Nikolic, J., Perdinan, P.A.M., Young, D.R., Zavaloni, C. Understanding the impacts of climate on perennial crops. In: Pielke RA Sr (ed) Climate vulnerability: understanding and addressing threats to essential resources, vulnerability of food resources to climate. Elsevier Inc., Academic Press, 2013. Vol. 2. Pp. 37-49.
2. Ожерельева, З.Е., Голяева, О.Д. [Текст] / Устойчивость цветков и бутонов смородины красной к весенним заморозкам // Селекция, генетика и сортовая агротехника плодовых культур. Орел, 2015. С. 99-101.
3. Vitasse, Y., Lenz, A., Hoch, G., Körner, C. Earlier leaf-out rather than difference in freezing resistance puts juvenile trees at greater risk of damage than adult trees. *J Ecol* 2014. № 102. Pp. 981-988.
4. Ожерельева, З.Е., Гуляева, А.А. [Текст] / Влияние заморозков на устойчивость генеративных органов вишни в период цветения // Современное садоводство. 2015. № 3 (15). С. 45-51. <http://journal.vniispk.ru/pdf/2013/4/1.pdf>.
5. Ожерельева, З.Е., Гуляева, А.А. [Текст] / Изучение устойчивости вишни к весенним заморозкам // Научно-методический журнал Концепт. 2016. Т. 26. С. 56-60.
6. Szalay, L. Kajszi és őszibarack fagy- és téltűrése (Frost resistance and winter hardiness of apricot and peach varieties). [Ph.D. Thesis.] Budapest, Szent István University. 2001. Pp. 1-109.
7. Szabó, Z. Csonthéjas gyümölcsűek termésbiztonságának egyes tényezői (Various factors in the yield stability of stone fruits). [DSc Thesis.] Hungarian Academy of Sciences, Budapest. 2002.
8. Ожерельева, З.Е., Ефремов, И.Н. [Текст] / Изучение устойчивости вишни к весенним заморозкам // Селекция и сортоведение садовых культур. Орел. 2019. Т. 6. № 1. С. 80-82.
9. Szalay, L., Gergő Gyökös, I., Békefi, Z. Cold hardiness of peach flowers at different phenological stages. *Hort. Sci. (Prague)*, 2018. № 45. Pp. 119-124. <https://doi.org/10.17221/146/2016-HORTSCI>
10. Леонченко В.Г., Евсеева Р.П., Жбанова Е.В., Черенкова Т.А. [Текст] / Предварительный отбор перспективных генотипов плодовых растений на экологическую устойчивость и биохимическую ценность плодов (метод. реком.). Мичуринск, 2007. 72 с.
11. Rodrigo, J. Spring frost in deciduous fruit trees-morphological damage and flower hardiness. *Sci Hortic.*, 2000. № 85(3). Pp. 155-173.
12. Salazar-Gutiérrez, M.R., Chaves, B., Anothai, J., Whiting, M., Hoogenboom, G. Variation in cold hardiness of sweet cherry flower buds through different phenological stages. *Sci Hortic.*, 2014. № 172 (9). Pp. 161-167.
13. Matzneller, P., Götz, K.P., Chmielewski, F.M. Spring frost vulnerability of sweet cherries under controlled conditions. *Int J Biometeorol*, 2016. № 60. Pp. 123-130.
14. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
15. Ожерельева, З.Е., Гуляева, А.А. [Текст] / Устойчивость генеративных органов вишни к весенним заморозкам // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 7-10.

References

1. Winkler, J.A., Cinderich, A.B., Ddumba, S.D., Doubler, D., Nikolic, J., Perdinan, P.A.M., Young, D.R., Zavaloni, C. Understanding the impacts of climate on perennial crops. In: Pielke RA Sr (ed) Climate vulnerability: understanding and addressing threats to essential resources, vulnerability of food resources to climate. Elsevier Inc., Academic Press, 2013. Vol. 2. Pp. 37-49.
4. Ozherel`eva, Z.E., Golyaeva, O.D. Ustojchivost` cvetkov i butonov smorodiny` krasnoj k vesennim zamorozkam [Resistance of red currant flowers and buds to spring frosts] // Selekcija, genetika i sortovaya agrotexnika plodovy`x kul`tur. Orel, 2015. S. 99-101.
3. Vitasse, Y., Lenz, A., Hoch, G., Körner, C. Earlier leaf-out rather than difference in freezing resistance puts juvenile trees at greater risk of damage than adult trees. *J Ecol* 2014. № 102. Pp. 981-988.
4. Ozherel`eva, Z.E., Gulyaeva, A.A. Vliyanie zamorozkov na ustojchivost` generativny`x organov vishni v period cveteniya [Influence of frosts on the stability of cherry generative organs during flowering] // Sovremennoe sadovodstvo. 2015. № 3 (15). S. 45-51. <http://journal.vniispk.ru/pdf/2013/4/1.pdf>.
5. Ozherel`eva, Z.E., Gulyaeva, A.A. Izuchenie ustojchivosti vishni k vesennim zamorozkam [Study of cherry resistance to spring frosts] // Nauchno-metodicheskij zhurnal Koncept. 2016. T. 26. S. 56-60.
6. Szalay, L. Kajszi és őszibarack fagy- és téltűrése (Frost resistance and winter hardiness of apricot and peach varieties). [Ph.D. Thesis.] Budapest, Szent István University. 2001. Pp. 1-109.
7. Szabó, Z. Csonthéjas gyümölcsűek termésbiztonságának egyes tényezői (Various factors in the yield stability of stone fruits). [DSc Thesis.] Hungarian Academy of Sciences, Budapest. 2002.
8. Ozherel`eva, Z.E., Efremov, I.N. Izuchenie ustojchivosti vishni k vesennim zamorozkam [The study of the stability of the cherry blossoms to spring frosts] // Selekcija i sortorazvedenie sadovy`x kul`tur. Orel. 2019. T. 6. № 1. S. 80-82.
9. Szalay, L., Gergő Gyökös, I., Békefi, Z. Cold hardiness of peach flowers at different phenological stages. *Hort. Sci. (Prague)*, 2018. № 45. Pp. 119-124. <https://doi.org/10.17221/146/2016-HORTSCI>
10. Leonchenko V.G., Evseeva R.P., Zhananova E.V., Cherenkova T.A. Predvaritel`ny`j otbor perspektivny`x genotipov plodovy`x rastenij na e`kologicheskuyu ustojchivost` i bioximicheskuyu cennost` plodov (metod. rekom.) [Preliminary selection of promising genotypes of fruit plants for ecological stability and biochemical value of fruits]. Michurinsk, 2007. 72 s.

11. Rodrigo, J. Spring frost in deciduous fruit trees-morphological damage and flower hardiness. *Sci Hortic.*, 2000. № 85(3). Pp. 155-173.
12. Salazar-Gutiérrez, M.R., Chaves, B., Anothai, J., Whiting, M., Hoogenboom, G. Variation in cold hardiness of sweet cherry flower buds through different phenological stages. *Sci Hortic*, 2014. № 172 (9). Pp. 161-167.
13. Matzneller, P., Götz, K.P., Chmielewski, F.M. Spring frost vulnerability of sweet cherries under controlled conditions. *Int J Biometeorol*, 2016. № 60. Pp. 123-130.
14. Dospexov, B.A. *Metodika polevogo opy`ta [Methods of field experience]*. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
15. Ozherel`eva, Z.E., Gulyaeva, A.A. Ustojchivost` generativny`x organov vishni k vesennim zamorozkam [The resistance of generative organs of sour cherry to spring frosts] // *Vestnik rossijskoj sel`skoxozyajstvennoj nauki*. 2018. № 4. S. 7-10.

Сведения об авторах

Ожерельева Зоя Евгеньевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур, 302530, Россия, Орловская область, Орловский район, Жилино, д.1.

ozherelieva@vniispk.ru

Гуляева Александра Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ ВНИИ селекции плодовых культур, 302530, Россия, Орловская область, Орловский район, Жилино, д.1.

Information about authors

Ozherelieva Zoya.Evgenievna., candidate of agricultural sciences Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 302530, Russia, Orel region, Orel district, Zhilino, 1

ozherelieva@vniispk.ru

Gulyaeva Aleksandra Alekseevna, candidate of agricultural sciences Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 302530, Russia, Orel region, Orel district, Zhilino, 1

ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ
ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

УДК 332.14; 631,1

Л.А. Александрова, Е.В. Васильева, И.Н. Меркулова

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА
ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: В настоящее время органическое сельское хозяйство является мировым трендом, практикуемым более чем в 130 странах мира. Сегодня спрос западных компаний на органическую сертифицированную продукцию удовлетворен за счет собственного производства лишь на 25 %, а 75 % продукции европейские страны вынуждены импортировать. Россия имеет громадный потенциал, прежде всего природных и земельных ресурсов, запасов пресной воды. По площадям органических земель Россия занимает 22-е место в мире (более 20 млн га угодий, не получавших агрохимикаты более 3 лет) и по экспертным оценкам, развивая органическое сельское хозяйство, может занять от 10 до 25 % мирового рынка органической продукции. Пространственные масштабы страны обуславливают существенные различия в уровне его развития в разных регионах, среди которых можно выделить регионы – потребители и регионы – производители органики. Несмотря на общие макроэкономические и политические факторы, существует сильная территориальная дифференциация и особенности функционирования органического рынка. В статье представлена оценка потенциала развития органического сельского хозяйства в Саратовской области, включая обеспеченность пригодными к использованию в органическом сельском хозяйстве земельными ресурсами. На основе SWOT-анализ выявлены сильные и слабые стороны, риски и возможности развития органического сельского хозяйства в регионе, конкурентные преимущества и ограничения с позиций территориального разделения труда. Как показал опрос, развитие органического сельского хозяйства в Саратовской области на современном этапе сталкивается с рядом объективных барьеров, таких как: низкая информированность производителей и потребителей, негарантированность безубыточной реализации и высокая себестоимость производства, несформированность системы сертифицирующих органов. В статье рассчитаны основные прогнозные показатели потенциальных объемов производства продукции органического сельского хозяйства области, сформулированы основные этапы перехода сельскохозяйственных организаций на ведение органического сельского хозяйства.

Ключевые слова: органическое сельское хозяйство, органик-продукция, производственный потенциал, технологии, SWOT – анализ.

ASSESSMENT OF THE PRODUCTION POTENTIAL OF ORGANIC AGRICULTURE IN THE SARATOV REGION

Abstract. Currently, organic agriculture is a global trend, practiced in more than 130 countries. Today, the demand of Western companies for organic certified products is met by their own production only by 25 %, and 75 % of the products of European countries are forced to import. Russia has a huge potential, primarily of natural and land resources and fresh water reserves. In terms of organic land areas, Russia ranks 22nd in the world (more than 20 million hectares of land that has not received agrochemicals for more than 3 years) and according to expert estimates, developing organic agriculture can take from 10 to 25% of the world market for organic products. The spatial scale of the country causes significant differences in the level of its development in different regions, among which we can distinguish regions – consumers and regions – producers of organic products. Despite the General macroeconomic and political factors, there is a strong territorial differentiation and peculiarities of functioning of the organic market. The article presents an assessment of the development potential of organic agriculture in the Saratov region, including the availability of land resources suitable for use in organic agriculture. Based on the SWOT analysis, the strengths and weaknesses, risks and opportunities for the development of organic agriculture in the region, competitive advantages and limitations from the standpoint of the territorial division of labor were identified. According to the survey, the development of organic agriculture in the Saratov region at the present stage faces a number of objective barriers, such as: low awareness of producers and consumers, lack of guarantee of break-even sales and high production costs, lack of formation of the system of certifying bodies. The article calculates the main forecast indicators of potential production volumes of organic agriculture in the region, and defines the main stages of transition of agricultural organizations to organic agriculture.

Keywords: organic agriculture, organic products, production potential, technologies, SWOT - analysis.

Введение. В 2018 г. мировой рынок органической продукции расширился до 90 млрд евро. Самыми крупными его представителями являются: США (40 млрд евро), Германия (10 млрд евро), Франция (7,9 млрд евро) и Китай (7,6 млрд евро) [3].

Органическое сельское хозяйство и биологизация земледелия вошли в число ведущих трендов прогноза научно-технологического развития российского агропромышленного комплекса на период до 2030 года, подготовленного НИУ ВШЭ и утвержденного Минсельхозом

РФ в январе 2017 года. В декабре 2015 г. в ежегодном послании Федеральному собранию Российской Федерации В. В. Путин отметил, что Россия способна стать крупнейшим мировым поставщиком «здоровых, экологически чистых, качественных продуктов питания». Министерство сельского хозяйства Российской Федерации подтвердило заявление о реалистичности охвата Россией в перспективе доли органического мирового рынка в 10-15% [4].

В Современном экономическом словаре понятие «производственный потенциал» имеет следующее значение:

- 1) реальный объем продукции, который возможно произвести при полном использовании имеющихся ресурсов;
- 2) имеющиеся и потенциальные возможности производства, наличие факторов производства, обеспеченность его определяющими видами ресурсов [8].

К факторам производства относятся используемые в производстве ресурсы, от которых в определяющей степени зависят количество, объем выпускаемой продукции. К таким факторам относятся: земля, труд, капитал, предпринимательская активность [8].

Единого понятия «производственный потенциал» не существует. Одним из первых понятие производственного потенциала использовал академик А.И. Анчишкин, он утверждал, что производственный потенциал представляет собой набор ресурсов, принимающих в процессе производства форму факторов производства [1]. По мнению Э.Б. Фигунова, производственный потенциал предприятия – это совокупность ресурсов, в результате использования которых производится определенное количество материальных благ; ресурсы производства, количественные и качественные их параметры, определяющие максимальные возможности по производству профильной продукции в каждый момент установленного периода [3].

Основная часть. Производственный потенциал развития органического сельского хозяйства Саратовской области характеризуется следующими основными ресурсами, а также факторами необходимыми для развития системы органического сельского хозяйства: земельные и водные ресурсы; разработанные технологии производства органической продукции; наличие адаптивных сортов сельскохозяйственных культур; опыт, биологические средства борьбы с болезнями и вредителями, квалификация и уровень информированности сельхозтоваропроизводителей; система органов сертификации органик-производителей.

Учитывая низкий уровень загрязнения окружающей среды, развитие транспортной инфраструктуры, наличие пастбищных угодий Саратовская область имеет значительные возможности по внедрению органической системы хозяйствования. Земельный фонд области составляет более 10 млн. 112,4 тыс. га. По данным мониторинга на 01.01.2018 г. общая площадь сельскохозяйственных угодий в Саратовской области составила 8156,5 тыс. га, из них на пашню приходится 5825,2 тыс. га или 71,4%. В соответствии с расчетами специалистов научно – обоснованная потребность в минеральных удобрениях в 2018 году составляла 160,4 тыс. тонн, фактически было внесено 29161 т д.в. или 7,6 кг на 1 га посевной площади, что составило лишь 18% от необходимого объема (табл. 1).

Таблица 1- Внесение минеральных удобрений в Саратовской области в 2018 году [2]

Наименование субъекта	Всего тонн д.в.			Азотные			Фосфорные			Калийные		
	потребность	факт	%	потребность	факт	%	потребность	факт	%	потребность	факт	%
Саратовская область	160400	29161	18	73784	20854	28	35288	7288	21	51328	1019	2

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о пригодности к использованию в производстве органической продукции практически всех земель Саратовской области, отведенных под пашню.

Одним из важных факторов эффективного ведения органического сельского хозяйства является применение специализированных агротехнологий. Так, учеными ФГБОУ ВО

«Саратовский государственный аграрный университет» разработаны технологии биологизации севооборота, восстановления почвенного плодородия в системе органического земледелия, специализированный комплекс агротехнических приемов, мульчирование почвы, применение органических удобрений, технология выращивания органической гречихи и нута, севообороты для производства органической продукции и другие технологии органического земледелия.

Ученые Саратовского ГАУ изучают влияние на рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных животных гуминовых кислот. В результате исследований разработаны нормы скармливания нового органического комплекса, на основе гуминовых кислот «Reasil Humic Vet» сельскохозяйственным животным, птице и рыбе. Установлено его влияние на продуктивность животных, птицы и рыбы, переваримость питательных веществ.

Инновационные разработки в области растениеводства органического земледелия предполагают усовершенствование элементов сортовой агротехники. В ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» выведен новый сорго-суданковый гибрид Аметист (патент № 8501), допущен к использованию и рекомендован производству в Средневолжском, Нижневолжском, Уральском и Западно-Сибирском регионах. Новые сорта зернового сорго Жемчуг (патент № 9245) и Гранат (патент № 9246) селекции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго» характеризуются высокой урожайностью зерна – 2,64–6,22 т/га и биомассы – 9,35–25,80 т/га. С целью повышения объемов и стабильности производства растениеводческой продукции в масштабах Саратовской области исследователями НИИСХ Юго-Востока разработаны рекомендации размещения сельскохозяйственных культур и сортов по микрорайонам области. Для I, II, III и IV микрорайонов, где условия для выращивания пшеницы более благоприятны, ученые Саратовского государственного аграрного университета рекомендуют сорта Фаворит, Воевода, Саратовская 76 и др. и в т.ч. позволяющие получить необходимый результат при органической агротехнике. Для V, VI, VII микрорайонов требованиям отвечают сорта, полученные на Краснокутской СОС и НИИСХ Юго-Востока: Альбидум 32 и Саратовская 73 [7].

Таким образом, одной из сильных сторон развития органического сельского хозяйства Саратовской области является существование разработанных технологий органического земледелия, а также наличие у ряда сельскохозяйственных товаропроизводителей опыта производства органической продукции. Одним из основных тормозящих факторов является низкий уровень знаний о практической стороне органического сельского хозяйства среди сельхозпроизводителей, органов власти, ученых, недостаточная степень квалификации производственного персонала. В настоящий момент в ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ в учебные планы по направлениям подготовки агрономов, ветеринаров, зоотехников, агроинженеров не включены дисциплины, посвященные основам производства органической продукции (например, стандарты на органическую продукцию, сертификация, сбыт, агротехнологии). В программах дополнительного профессионального образования отсутствуют программы повышения квалификации в сфере органического сельского хозяйства для сельхозтоваропроизводителей.

Необходимым фактором развития органического сельского хозяйства является наличие эффективно работающей системы органов сертификации. Несмотря на то, что на начало 2019 г. в РФ сложилась определенная система органической сертификации, однако после вступления в силу закона она не сможет работать по существовавшим ранее правилам. Обязательным условием работы в РФ стала аккредитация в национальном органе – Россакредитации. По состоянию на 01.01.2020 г. в России было аккредитовано 3 сертификатора: ООО «Органик эксперт», Роскачество и Воронежский филиал Россельхозцентра. Для дальнейшего развития рынка этого крайне недостаточно. Кроме российских сертификаторов на территории России работают 16 зарубежных сертификационных компаний, у которых есть разрешение ЕС на инспекции в РФ. (работающих - 9, имеющих право на это в рамках законодательства РФ – 2, аккредитованных – 0). Таким образом, на территории Саратовской области полностью отсутствует необходимая инфраструктура, обеспечивающая функционирование органических производителей [5]. Оценка потенциала развития органического сельского хозяйства в Саратовской области представлена в виде матрицы SWOT-анализа (табл. 2).

Таблица 2 - SWOT-анализ развития органического сельского хозяйства Саратовской области (составлено авторами)

<p>Сильные стороны</p> <ul style="list-style-type: none"> - Наличие экологически чистых земель, пригодных для ведения органического сельского хозяйства - Короткий конверсионный период - Соответствие структуры производимой продукции запросам потребителей - Наличие у сельскохозяйственных товаропроизводителей опыта применения технологий органического земледелия - Положительный опыт кооперационных процессов на уровне малого и среднего бизнеса 	<p>Слабые стороны</p> <ul style="list-style-type: none"> - зависимость от оборудования, семенного материала и животноводческого генетического потенциала иностранного производства; - <i>Снижение урожайности на 10-20% и более высокие риски полной потери урожая</i> - <i>Отсутствие сформированного рыночного спроса</i> - <i>Отсутствие налаженных каналов сбыта продукции</i> - <i>Более высокая себестоимость органической продукции по сравнению с традиционной</i> - <i>незнание или отсутствие опыта в использовании органических технологий, низкая информированность производителей и потребителей.</i> - <i>отсутствие мер государственного стимулирования</i> - <i>высокие затраты на сертификацию и контроль качества продукции</i> - <i>несформированность нормативно-правовой базы, регулирующей процессы производства и реализации органической продукции</i> - <i>отсутствие эффективных технологий борьбы с насекомыми – вредителями (саранча)</i> - <i>недостаток переработанного органического удобрения</i> - <i>Отсутствие предприятий, занимающихся переработкой органической продукции;</i>
<p>Возможности</p> <ul style="list-style-type: none"> - спрос европейских стран на органическую продукцию, высокий экспортный потенциал. - возможность получения дополнительной прибыли за счет реализации продукции по более высоким ценам - Наличие посредника, организующего процесс сертификации, производства и сбыта органической продукции (Компания «Юфенал») - Невысокая стоимость рабочей силы - Низкое проникновение сильных брендов органической продукции, возможность создать собственный бренд (например, Саратовская пшеница) - Быстрое масштабирование производства благодаря большому количеству земель соответствующего качества - Развитие транспортной инфраструктуры региона (специализированных точек погрузки зерновых и зернобобовых культур на железнодорожный транспорт; площадка отгрузки водным транспортом в Балаково) 	<p>Угрозы</p> <ul style="list-style-type: none"> - природно-климатическое расположение области в зоне рискованного земледелия - Появление конкурентов (Украина и Казахстан) - Введение санкционных мер на поставку семян и другого специализированного сырья - Ухудшение спроса из-за снижения реальных доходов населения - Отсутствие государственной программы поддержки органик-производителей - Законодательство в области органического сельского хозяйства не приведено в соответствие с международными стандартами - Отсутствие инфраструктуры, обеспечивающей функционирование органик-производителей (одна официальная организация-сертификатор) - высокая стоимость сертификации; - Слабые или отсутствуют программы подготовки специалистов по направлению - Усложнение севооборотов, необходимость введения сидератов, увеличение технологических операций по обработке почвы - угроза нашествия насекомых – вредителей (саранча) - сохранение негативных демографических тенденций, сокращение доходов населения Саратовской области

Как показал проведенный SWOT-анализ, рынок органической продукции в Саратовской области на текущий момент имеет множество слабых сторон и сталкивается с большим количеством угроз от внешних факторов. Однако эксперты единогласно признали, что сильной стороной, имеющей большое значение в развитии органического сельского хозяйства, является наличие ключевого производственного фактора - обширных площадей сельхозугодий, которые фактически не используются, либо на них практикуется производство сельхозпродукции с низким уровнем химизации.

Результаты авторского исследования внутреннего рынка органической продукции Саратовской области позволяют выделить следующие характеристики:

- цена на органическую продукцию (зерновые, зернобобовые) варьируется в пределах 150-300% от уровня цен на традиционную продукцию;

- урожайность культур сокращается в среднем на 15-30% при ведении органического сельского хозяйства;

- потенциальная емкость рынка органической продукции в Саратовской области составляет ориентировочно 12,5 млрд. рублей (10% от общего объема производства продукции сельского хозяйства);

- сельхозтоваропроизводители не готовы к полному переходу на органическое земледелие, считая целесообразным производить по органическим технологиям лишь 10-30% общего объема выращиваемой продукции;

- отсутствие сформированного рыночного спроса и налаженных каналов сбыта органической продукции является одним из главных барьеров развития органического сельского хозяйства. Внутренний спрос на органическую продукцию на российском рынке абсолютно не развит, поэтому производством органической продукции целесообразно заниматься при условии экспорта за рубеж;

- перспективными культурами для органического земледелия являются нут, озимая рожь и пшеница, яровая пшеница твердых сортов, ячмень, просо, сафлор;

- отсутствие сопровождающей инфраструктуры, а именно организаций, занимающихся аудитом качества земель и продукции, сертификацией.

В результате проведения анкетирования сельскохозяйственных предприятий Саратовской области было выявлено, что ряд сельскохозяйственных организаций Саратовской области занимаются производством и экспортом органик-продукции по заказу зарубежных партнеров и отводят под данные технологии не более 30% площадей пашни. Большинство респондентов в ходе интервью подчеркивали, что органическое сельское хозяйство в Саратовской области не может быть массовым, возможен лишь частичный переход на данную технологию. Как показал опрос, наиболее значимыми сдерживающими факторами выступают негарантированность безубыточной реализации (54,8 % респондентов включили этот фактор в число 3 ключевых), отсутствие опыта в использовании органических технологий (45,2% респондентов), отсутствие государственной поддержки органики (35,5%), высокую себестоимость производства (32,3% респондентов) и низкий рыночный спрос (32,3% респондентов) (рис. 1).



Рис.1 - Распределение ответов респондентов на вопрос «Каковы, на Ваш взгляд, барьеры органического производства? Отметьте 3 наиболее важных негативных фактора» (в процентах)

Основные прогнозные показатели потенциальных объемов производства продукции органического сельского хозяйства Саратовской области при условии реализации сценария развития органического сельского хозяйства при государственной поддержке представлены в таблице 3. Расчет прогнозных показателей произведен, исходя из мнения экспертов о том, что на сегодняшний момент урожайность сельскохозяйственных культур при производстве в соответствии с принципами органического сельского хозяйства снижается в среднем на 20%, цена реализации органической продукции превышает цены на традиционную продукцию в среднем в 2 раза, сельскохозяйственные товаропроизводители готовы перевести на органическое сельское хозяйство в среднем до 35% от общей площади пашни.

При оценке потенциального объема производства органической продукции в Саратовской области расчет был произведен по культурам, наиболее востребованным на рынке органической продукции, а именно: озимая и яровая пшеница, ячмень, просо, зернобобовые, подсолнечник. В результате анализа прогнозных расчетов можно сделать вывод, что потенциальный объем производства органических зерновых и зернобобовых культур в Саратовской области составляет 774,4 тыс. тонн, подсолнечника – 440 тыс. тонн (табл. 3).

Таблица 3 - Основные прогнозные показатели потенциальных объемов производства продукции органического сельского хозяйства Саратовской области

Вид продукции	2018 год факт [9]			Потенциальные показатели производства органической продукции		
	Посевная площадь, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. тонн	Посевная площадь, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. тонн
Всего	3981,5	-	-			
Из них:						
Озимая пшеница	1021,8	19,8	2023,2	357,6	15,8	565,0
Яровая пшеница	251,4	7,7	193,6	75,4	6,2	46,7
Ячмень	376,0	7,0	264,8	131,6	5,6	73,7
Просо	108,7	9,5	102,8	38,1	7,6	28,9
Зернобобовые	378,1	5,7	215,7	132,3	4,6	60,1
Подсолнечник	1220,3	12,9	1573,5	427,1	10,3	440,0
Итого зерновые и зернобобовые			2800,1			774,4

В результате прогнозных расчетов было выявлено, что при частичном переходе сельхозтоваропроизводителей Саратовской области на ведение земледелия по принципам органического сельского хозяйства стоимость валовой органической продукции (озимая и яровая пшеница, ячмень, просо, зернобобовые, подсолнечник) составит 27280 млн. руб. (табл. 4).

Таким образом, частичный переход на технологии органического выращивания озимой и яровой пшеницы, ячменя, просо, зернобобовых культур и подсолнечника в Саратовской области позволит увеличить стоимость валовой продукции на 10246 млн. руб. и довести этот показатель до уровня 59279 тыс. рублей.

Таблица 4 - Основные прогнозные показатели стоимости продукции органического сельского хозяйства Саратовской области

Вид продукции	2018 год факт традиционные технологии			Частичный переход на органическое сельское хозяйство					
				Традиционные технологии			Органическое сельское хозяйство		
	объем реализации, тыс. тонн	цена, руб./т	стоимость валовой продукции, млн. руб.	объем реализации, тыс. тонн	цена	стоимость валовой продукции, млн. руб.	объем реализации, тыс. тонн	цена, руб./т	стоимость валовой продукции, млн. руб.
Озимая пшеница	2023,2	7800	15781	1321,7	7800	10309	565,0	15600	8814
Яровая пшеница	193,6	8433	1632	135,5	8433	1143	46,7	16866	788
Ячмень	264,8	7750	2052	171,0	7750	1325	73,7	15500	1142
Просо	102,8	15114	1554	67,0	15114	1013	28,9	30228	874
Зернобобовые	215,7	9500	2049	140,1	9500	1331	60,1	19000	1142
Подсолнечник	1573,5	16500	25963	1023,2	16500	16882	440,0	33000	14520
Итого зерновые и зернобобовые	2800,1	-	-	1835,5	-	-	774,4	-	-
Итого	-	-	49033			31999			27280

Сценарий частичного перехода на органические технологии предполагает поэтапную деятельность (табл. 5).

Таблица 5 - Основные этапы перехода сельскохозяйственных организаций на ведение органического сельского хозяйства

Этапы	Содержание
1 этап	Проведение мониторинга и качественной оценки сельскохозяйственных угодий с целью определения возможности их использования в органическом сельском хозяйстве и оценки продолжительности конверсионного (переходного) периода
2 этап	Проведение обучения (повышения квалификации) сельхозтоваропроизводителей по вопросам ведения органического сельского хозяйства и сертификации продукции
3 этап	Составление бизнес-плана развития предприятий в целях получения государственной поддержки и привлечения инвесторов
4 этап	Сертификация предприятий на соответствие производимой ими продукции органическим стандартам и право использования экологической маркировки продукции
5 этап	Заключение контрактов на реализацию произведённой экологически чистой (органической) продукции на внутреннем и внешнем рынках

1 этап. Проведение мониторинга и качественной оценки сельскохозяйственных угодий с целью определения возможности их использования в органическом сельском хозяйстве и оценки продолжительности конверсионного (переходного) периода необходимо проводить с использованием ГИС-технологий. Геоинформационные системы (ГИС) позволяют проводить полноценные мониторинговые исследования с объединением всех интересующих показателей. Составленные в ГИС карты почвенно-агрохимических показателей наиболее полно отражают

уровень развития почвообразовательных процессов, особенно в условиях сложного рельефа местности. В результате проводимого по методике НИИСХ Юго-Востока агроэкологического обследования аграрии получают информацию, позволяющую оценить потенциал земель, определить реальные границы землепользования и увеличить агрономическую эффективность производства в целом. В настоящее время по модернизированной методике почвенно-агрохимического тестирования на территории Саратовской области обследовано свыше 150 тыс.га пашни [7].

2 этап. Проведение обучения (повышения квалификации) сельхозтоваропроизводителей по вопросам ведения органического сельского хозяйства и сертификации продукции возможно организовать, приняв участие в проекте Союза органического земледелия «Органическое сельское хозяйство – новые возможности. Система и практики ответственного землепользования, устойчивого развития сельских территорий». В рамках проекта в четырех регионах России пройдет очное бесплатное обучение практическим основам производства органической продукции на базе органических хозяйств, научно-практические конференции с участием ведущих специалистов в области производства, сертификации, сбыта и экспорта, региональных органов власти, аграрных ВУЗов. Будут разработаны базовые программы обучения основам органического производства с теоретической и практической частью, а также методические рекомендации по органическому сельскому хозяйству для широкой аудитории, для сельхозпроизводителей, агротехнологии и экономика производства трех культур по органическим стандартам, собран и выложен в открытый бесплатный доступ банк фото- и видео-материалов. Соисполнители проекта: сертифицированные органические производители, на базе которых будет проводиться обучение: ООО «Агро», Томская область, ООО «Агрофирма Острожка», Пермский край, ООО «Экоферма Джерси», Калужская область, ООО «Органик Эраунд», Ставропольский край [10].

Одной из дальнейших задач является интегрирование в образовательный процесс ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ учебных дисциплин, посвященных изучению основ производства органической сельскохозяйственной продукции.

3 этап. Составление бизнес-плана развития предприятий в целях получения государственной поддержки и привлечения инвесторов.

Исходя из выявленных барьеров и приоритетов в развитии органического сельского хозяйства в Саратовской области флагманские проекты должны быть связаны с развитием конкурентоспособных на внешних рынках сельскохозяйственных производств, развитием переработки органического сельскохозяйственного сырья и созданием товаропроводящей инфраструктуры рынка.

К числу таких проектов могут быть отнесены следующие:

1. Создание сельскохозяйственного потребительского перерабатывающе-сбытового кооператива полного цикла производства органической продукции (эко-мука, овсяные хлопья);
2. Производство органической баранины (овцы романовской породы) для ООО "ФХ "Деметра" Батраева Ю.И." Новобурасского района Саратовской области
3. Проект производства органических макаронных изделий для Саратовской макаронной фабрики (г. Энгельс)
4. Проект производства органической муки для ОАО «Саратовский комбинат хлебопродуктов» (г. Саратов).

4 этап. Сертификация предприятий на соответствие производимой ими продукции органическим стандартам и право использования экологической маркировки продукции. Возникающие трудности на данном этапе связаны с необходимостью выделения субсидий на компенсацию затрат на сертификацию, организацию аккредитации органа по сертификации в Саратовской области.

5 этап. Заключение контрактов на реализацию произведённой экологически чистой (органической) продукции на внутреннем и внешнем рынках. Основной барьер в развитии системы сбыта органической продукции заключается в отсутствии единого координационного

центра, заинтересованного в продвижении органической продукции на региональных и международных рынках. Одним из решений данной проблемы видится возложение функций координационного центра на структурное подразделение (отдел) Министерства сельского хозяйства Саратовской области. Основным барьером в данном случае является отсутствие бюджетных средств на организацию и функционирование такого центра. В качестве альтернативного решения, изучив опыт других регионов, в перспективе предлагается делегировать полномочия по заключению контрактов на реализацию произведённой экологически чистой (органической) продукции сельскохозяйственному потребителю перерабатывающе-сбытовому кооперативу полного цикла производства органической продукции.

Заключение. Проведенные аналитические и маркетинговые исследования показали, что Саратовская область обладает достаточно высоким потенциалом развития органического сельского хозяйства, большая часть земель (8156,5 тыс. га) пригодна к применению в органическом сельском хозяйстве и не нуждается в длительном конверсионном периоде. Учеными региона разработаны адаптивные сорта сельскохозяйственных культур и технологии ведения органического сельского хозяйства, у некоторых сельхозтоварпроизводителей имеется опыт производства органик – продукции. Как показал опрос, развитие органического сельского хозяйства в Саратовской области на современном этапе сталкивается с рядом объективных барьеров, таких как: низкая информированность производителей и потребителей, негарантированность безубыточной реализации и высокая себестоимость производства, несформированность системы сертифицирующих органов. Специализацией области на внешних, в первую очередь экспортных, рынках является производство органических зерновых и масличных, которое к 2025 году может при условии реализации мер государственной поддержки составить 770 тыс. т. и 440 тыс. т. соответственно. Частичный переход на технологии органического выращивания озимой и яровой пшеницы, ячменя, просо, зернобобовых культур и подсолнечника в Саратовской области позволит увеличить стоимость валовой продукции на 10246 млн. руб. и довести этот показатель до уровня 59279 тыс. рублей.

Библиография

1. Андрейчук В.Г. Эффективность использования производственного потенциала в сельском хозяйстве: учебник [Текст] / В.Г. Андрейчук. - М.: Экономика, 2012. - 208 с
2. Выполнение мероприятий по поддержанию почвенного плодородия земель сельскохозяйственного назначения на территории Саратовской области. ФГБУ государственная станция агрохимической службы «Саратовская», Саратов 2019.
3. Коршунов С. А., Любобедская А. А., Асатурова А. М., ч Исмаилов В. Я., Коноваленко Л.Ю. [Текст] / Органическое сельское хозяйство: инновационные технологии, опыт, перспективы. Министерство сельского хозяйства РФ, ФГБНУ «Росинформагротех» - Москва. 2019.
4. Мироненко О. В. Органический рынок России. Доклад исполнительного директора Национального органического союза РФ. PRODEXPO 2017.
5. Национальный органический союз. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://rosorganic.ru>
6. Никитина Н.В. Организационно-экономические направления повышения эффективности использования производственного потенциала промышленных предприятий: автореферат диссертации на соискание ученой степени к.э.н. [Текст] / Н.В. Никитина - Самара, 2012.
7. Отчет о проведении научных исследований «Оказание услуг по проведению научных исследований по обоснованию производства органической продукции и подготовке к передаче в производство новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур» Руководитель, д-р с.-х. наук, профессор К.Е. Денисов
8. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б.. Современный экономический словарь. — 2-е изд., испр. М.: ИНФРА-М. 479 с.. 1999.
9. Саратовская область в цифрах – 2018: Краткий статистический сборник [Текст] / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Саратовской области. Саратов, 2019 – 232с.
10. Союз органического земледелия. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://soz.bio/>
11. Средние цены реализуемой сельскохозяйственной продукции в Саратовской области. Федеральная служба государственной статистики. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/dbinet.cgi?pl=9460013>
12. Стратегия социально-экономического развития Саратовской области до 2030 года, утверждена Постановлением Правительства Саратовской области от 30 июня 2016 года № 321 – П
13. Willer, Helga and Lernoud, Julia (Eds.) (2018) The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2018. Research Institute of Organic Agriculture FiBL and IFOAM - Organics International, Frick and Bonn. Retrieved from: <http://orgprints.org/34669/1/WILLER-LERNOUD-2018-final-PDF-low.pdf>

References

1. Andreychuk V. G. Efficiency of use of production potential in agriculture: textbook [Text] / V. G. Andreychuk. - M.: Economics, 2012. - 208 p
2. Implementation of measures to maintain soil fertility of agricultural land on the territory of the Saratov region. FsbI state station of agrochemical service "Saratovskaya", Saratov 2019.
3. Korshunov S. A., Lyubovedskaya A. A., Asaturova a.m., CH Ismailov V. Ya., Konovalenko L. Yu. Organic agriculture: innovative technologies, experience, prospects. Ministry of agriculture of the Russian Federation, Rosinformagrotech - Moscow. 2019.
4. Mironenko O. V. Organic market of Russia. Report of the Executive Director of the National organic Union of the Russian Federation. Prodexpo-2017.
5. National organic Union. Electronic resource. Mode of access: <http://rosorganic.ru>
6. Nikitina N. V. Organizational and economic directions for improving the efficiency of using the production potential of industrial enterprises: abstract of the dissertation for the degree of doctor of Economics [Text] / N. V. Nikitina-Samara, 2012.
7. Research Report "Providing research services to justify the production of organic products and prepare for the transfer to production of new varieties and hybrids of agricultural crops" Head, doctor of agricultural Sciences, Professor K. E. Denisov
8. Raizberg B. A., Lozovsky L. sh., Starodubtseva E. B. Modern economic dictionary. - 2nd ed., ISPR. M.: INFRA-M. 479 s. 1999.
9. Saratov region in numbers-2018: a Brief statistical collection/Territorial body of the Federal state statistics service for the Saratov region. Saratov, 2019-232С.
10. Union of organic agriculture. Electronic resource. Mode of access: <https://soz.bio/>
11. Average prices of agricultural products in the Saratov region. Federal state statistics service. Electronic resource. Mode of access: <https://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/dbinet.cgi?pl=9460013>
12. Strategy of socio-economic development of the Saratov region until 2030, approved by the Decree of the government of the Saratov region of June 30, 2016 No. 321-P
13. Wheeler, Helga and Lernode, Julia (EDS.) (2018) the World of organic agriculture. Statistics and new trends in 2018. Research Institute for organic agriculture FiBL and IFOAM-Organics International, Frick and Bonn. Extracted from: <http://orgprints.org/34669/1/WILLER-LERNOUD-2018-final-PDF-low.pdf>

Сведения об авторах

Александрова Людмила Александровна, доктор экономических наук, профессор кафедры «Проектный менеджмент и внешнеэкономическая деятельность в АПК», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, Театральная пл.1, г.Саратов, Саратовская область, Россия, 410012, тел.+78452 23-72-60, e-mail: teacheralexandrova@yandex.ru

Васильева Елена Васильевна, доктор экономических наук, профессор кафедры «Проектный менеджмент и внешнеэкономическая деятельность в АПК», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, Театральная пл.1, г.Саратов, Саратовская область, Россия, 410012, тел.+78452 23-72-60, e-mail: vasilievaev2574@yandex.ru

Меркулова Ирина Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Проектный менеджмент и внешнеэкономическая деятельность в АПК», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, Театральная пл.1, г.Саратов, Саратовская область, Россия, 410012, тел.+ 78452 23-72-60, e-mail: merkulovain@sgau.ru

Information about authors

Aleksandrova Ludmila Aleksandrovna, Doctor of Economics, Professor of the Department «Project management and foreign economic activity in the agro-industrial complex», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Teatralnaya square,1 Saratov, Russia, 410012, phone+78452 23-72-60, e-mail: teacheralexandrova@yandex.ru

Vasileva Elena Vasilevna, Doctor of Economics, Professor of the Department «Project management and foreign economic activity in the agro-industrial complex», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Teatralnaya square,1 Saratov, Russia, 410012, phone+78452 23-72-60, e-mail: vasilievaev2574@yandex.ru

Merkulova Irina Nikolaevna, candidate of Economics, associate professor of the Department «Project management and foreign economic activity in the agro-industrial complex», Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Teatralnaya square,1 Saratov, Russia, 410012, phone+78452 23-72-60, e-mail: merkulovain@sgau.ru

УДК 338.436.33

И.Н. Меренкова, А.И. Добрунова, А.А. Сидоренко, О.А. Жарикова

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация. В последние десятилетия на сельских территориях происходят существенные изменения, связанные с усилением внимания со стороны государства к формированию благоприятной жизненной среды и созданию условий на селе, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека. В то же время процесс перехода к устойчивому развитию сельских территорий протекает значительно медленнее, чем в других странах и до сих пор существуют проблемы, ограничивающие возможности улучшения жизнеобеспечения сельского населения России. Цель наших исследований заключалась в выявлении современных проблем жизнеобеспечения населения сельских территорий и разработке предложений по их решению. Исходными данными послужили общедоступные статистические данные Федеральной службы государственной статистики РФ. Теоретической базой исследования являются труды отечественных ученых по вопросам жизнеобеспечения населения сельских территорий. В статье проанализированы современные тенденции и проблемы жизнеобеспечения населения сельских территорий. Основными проблемами жизнеобеспечения сельских жителей выступают низкий уровень доходов сельских жителей по сравнению с городским населением, происходит дальнейшая миграция и сокращается численность населения, показатели среднедушевого потребления основных продуктов питания не соответствуют рациональным нормам потребления, наблюдается низкая обеспеченность села человеческими ресурсами, недостаточно развита социальная сфера села. Разработаны концептуальные направления, требующие пристального внимания органов власти для повышения уровня жизнеобеспечения сельского населения: улучшение социально-демографической ситуации; формирование комфортной среды жизнедеятельности; развитие диверсификации и повышение занятости; организация мониторинга жизнеобеспечения и расширение доступа сельского населения к информационным ресурсам; включение сельского сообщества в процесс управления территориальным развитием; развитие программных соглашений по социально-экономическому партнерству власти, крупного бизнеса и местного самоуправления.

Ключевые слова сельские территории, жизнеобеспечение, жизнеобеспечение населения сельских территорий, социальная сфера, развитие сельских территорий.

INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT OF RURAL AREAS ON THE BASIS OF PRIVATE - PUBLIC PARTNERSHIP

Abstract. In recent decades, significant changes have taken place in rural areas due to increased attention on the part of the state to the formation of a favorable living environment and the creation of conditions in rural areas that ensure a decent life and free human development. At the same time, the process of transition to sustainable rural development is much slower than in other countries, and there are still problems that limit the ability to improve the livelihoods of the rural population in Russia. The purpose of our research was to identify current problems of life support for the population of rural areas and develop proposals for their solution. The source data were publicly available statistical data from the Federal state statistics service of the Russian Federation. The theoretical basis of the research is the works of domestic scientists on the issues of life support for the population of rural territories. The article analyzes the current trends and problems of life support for the population of rural territories. The main problems of livelihood of the rural inhabitants are low income rural residents compared with urban populations, increasing migration and declining population indicators per capita consumption of main food products not appropriate to be promoting the rational norms of consumption, there is little security village of human resources, underdeveloped social sphere of the village. There are developed conceptual directions that require close attention of the authorities to improve the level of life support of the rural population: improving the socio-demographic situation; creating a comfortable living environment; developing diversification and increasing employment; organizing monitoring of life support and expanding access to information resources for the rural population; including the rural community in the process of territorial development management; development of program agreements on social and economic partnership between government, big business and local self-government.

Keywords: rural territories, life support, life support of the population of rural territories, social sphere, development of rural territories.

Введение. Сельские территории имеют немаловажное значение для каждого государства, так как являются основными производителями продуктов питания, обеспечивают продовольственную безопасность государства. В Стратегии устойчивого развития сельских территорий до 2030, устойчивое развитие сельских территорий обозначено как «стабильное социально-экономическое развитие сельских территорий, увеличение объема производства сельскохозяйственной продукции, повышение эффективности сельского хозяйства, достижение

полной занятости сельского населения и повышение уровня его жизни, рациональное использование земель» территориях [9]. В России около 37,6 млн. сельских жителей, более 150 тыс. сельских поселений. Численность сельского населения неуклонно сокращается и по состоянию на 01.01.2020 г. составила 25,6%.

Основными проблемами жизнеобеспечения населения сельских территорий на современном этапе выступают, во-первых, невысокий уровень доходов сельских жителей, во-вторых, происходит дальнейшая миграция молодежи в город, в-третьих, сокращается численность населения на сельских территориях, происходит старение населения, в-четвертых, наблюдаются проблемы с занятостью, в-пятых, сфера социальных услуг по уровню развития значительно отстает от городской, в-шестых, доступ к информационным и коммуникационным ресурсам также ограничен и в седьмых, наблюдается дифференциация в уровне потребления продовольствия и т.п.[5,6].

Изложение основного материала исследований и их обсуждение.

Наибольшую актуальность на современном этапе приобретает проблема жизнеобеспечения населения сельских территорий, под которой мы понимаем рациональное устройство жизни и деятельности селян по использованию всех доступных ресурсов, за счет которых удовлетворяются их основные потребности и интересы, сохраняется и поддерживается приемлемый уровень собственных доходов и потребления, создаются благоприятные условия жизнедеятельности в рамках разумного природопользования.

Именно сельские жители испытывают наибольший дефицит в высокооплачиваемой работе, образовательных услугах и услугах здравоохранения, в результате чего наблюдается поляризация доходов сельских и городских жителей. Уровень доходов сельских жителей в 2018 году в целом по России ниже на 10 368,4 руб., чем городских жителей, при этом уровень располагаемых ресурсов городских жителей на 9,8 % выше, а сельских на 28,7 % ниже, чем в среднем на каждое домохозяйство России (табл. 1).

Таблица 1 – Располагаемые ресурсы домашних хозяйств сельского и городского населения РФ за 2015-2018 гг.

Годы	Сельские домохозяйства	Городские домохозяйства	Соотношение, %	Абсолютная разница, руб.
2014	15 802,3	25 347,5	62,34	-9 545,2
2015	16 639,7	25 466,4	65,34	-8 826,7
2016	16 971,0	26 719,7	63,51	-9 748,7
2017	18 309,1	27 206,8	67,30	-8 897,7
2018	19 188,5	29 556,9	64,92	-10 368,4

Анализируя показатели динамики потребления основных продуктов в домашних хозяйствах сельской местности, следует отметить, что дифференциация на протяжении исследуемого периода присутствует как в разрезе территорий, так и в социальном разрезе. У жителей сельской местности рацион питания менее сбалансирован по сравнению с городскими жителями (табл. 2).

В структуре питания сельских жителей в 2018 году было выше среднедушевое потребление таких продуктов как хлебных, картофеля, сахара и кондитерских изделий, чем в городе соответственно на 30,8; 26,8 и 20,0%.

В то же время на селе наблюдалось отставание от уровня города среднедушевого потребления наиболее ценных продуктов питания животного и растительного происхождения: мяса – на 5,5%, молока – на 2,6%, яиц – на 3,0%, фруктов – на 10,5%, овощей – на 1,0%. Данные показатели, подтверждают, что для сельских жителей характерна углеводосодержащая модель потребления.

Таблица 2 – Динамика потребления основных продуктов питания в домашних хозяйствах сельской местности в РФ в 1990-2018 гг. (в % к 1980 году)

Продукты	Года					Отношение 2018 г. в %		
	1990	2000	2010	2015	2018	уровень села к городу	к рациональной норме	к норме ПМ
Хлебные продукты	93,6	93,0	85,9	78,2	83,8	130,8	124,0	94,1
Картофель	86,3	72,0	47,2	42,2	44,1	126,8	78,9	70,7
Овощи и бахчевые	100,0	90,9	110,2	112,5	115,9	99,0	72,9	89,0
Фрукты и ягоды	128,6	95,2	285,7	290,5	323,8	89,5	68,0	113,3
Мясо и мясопродукты	109,8	68,9	118,0	127,9	141,0	94,5	117,8	146,8
Молоко и молочные продукты	113,3	64,7	75,9	77,4	80,8	97,4	80,3	90,0
Яйца	92,3	57,7	72,7	73,4	79,0	97,0	86,9	107,6
Рыба и рыбопродукты	100,0	130,0	210,0	210,0	230,0	109,5	104,5	124,3
Сахар и кондитерские изделия	78,9	92,1	94,7	89,5	94,7	120,0	150,0	151,3

В целом, если проанализировать динамику потребления продовольствия по всем домохозяйствам сельской местности, то необходимо отметить, что за период 1980-2018гг. наблюдается тенденция роста таких важных для человека продуктов питания как, мяса и мясопродуктов, фруктов, рыбы и рыбопродуктов и овощей. Их рост соответственно составил на 41,0%, в 3,2 раза, в 2,3 раза и на 15,9 %. Вместе с тем, наблюдается сокращение потребления молока и яиц, на 19,2 % и 21,0 % соответственно. Положительным в питании сельских жителей является сокращение потребления товаров «низшей категории» или «товаров Гиффена», которые на протяжении рассматриваемого временного промежутка снизились: картофель – на 55,9%, хлебные продукты – на 16,2%, сахар – на 5,3%. Несмотря на положительные тенденции в улучшении структуры питания сельских жителей, необходимо отметить, что в настоящее время в целом по всему населению сельской местности так и не достигнут уровень рациональной нормы по потреблению таких ценных продуктов как овощи, фрукты, молоко и яйца.

Несомненно, одной из причиной такой ситуации, является низкий уровень среднедушевых доходов сельского населения России, при этом наблюдается значительная разница в доходах городских и сельских домашних хозяйств (табл. 3).

Так, можно отметить незначительный рост величины среднедушевых денежных доходов, с 13320 руб. в 2012 г до 18310 руб. в 2018 г. По отношению к доходам городского населения доходы селян в 2018 г. составили 67,0%, в соотношении с прожиточным минимумом – 1,8 раза; соотношение пенсий с прожиточным минимумом пенсионера – 1,3 раза.

Вместе с тем, как отмечают А.В. Турьянский и другие [13,7], для улучшения жизнеобеспечения сельских жителей соотношение долей сельского и городского населения с доходами выше прожиточного уровня должно быть не менее 1:1.

Таблица 3 – Среднедушевые денежные доходы сельского населения в России

Год	Денежные доходы населения, руб.		Соотношение денежных доходов между городским и сельским населением, %	Соотношение с прожиточным минимумом, раз	Соотношение пенсий с прожиточным минимумом пенсионера, раз
	сельское	городское			
2009	13320,3	20405,0	65,3	2,05	1,34
2010	14191,7	23645,0	60,0	1,94	1,42
2013	15802,3	25347,5	62,3	1,96	1,37
2014	16639,7	25466,4	65,3	1,72	1,22
2017	16971,0	26719,7	63,5	1,73	1,88
2018	18309,8	27206,1	67,3	1,82	1,34

Стоит подчеркнуть, что доля расходов на покупку продуктов сельскими жителями значительно превышает уровень аналогичных расходов городского населения, что еще раз свидетельствует о низком уровне доходов в сельской местности (табл. 4).

Таблица 4 – Потребительские расходы в городских и сельских домохозяйствах Российской Федерации

Показатели	Городские домохозяйства				Сельские домохозяйства				Село к городу, %	
	2009 г.		2018 г.		2009 г.		2018 г.		2009 г.	2018 г.
	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%		
Располагаемые ресурсы	1761,2	х	15976,0	х	1151,5	Х	9780,7	х	65,4	61,2
Потребительские расходы – всего	1313,1	74,6	11140,8	69,7	731,7	63,5	5997,0	61,3	55,7	53,8
Расходы на продукты питания и безалкогольные	640,8	48,8	3542,8	31,8	383,4	52,4	2284,9	38,1	59,8	64,5
Расходы на алкогольные напитки и табачные изделия	47,3	3,6	256,2	2,3	32,2	4,4	173,9	2,9	68,1	67,9
Расходы на непродовольственные то-	435,9	33,2	4512,0	40,5	237,8	32,5	2404,8	40,1	54,5	53,3
Расходы на оплату услуг	189,1	14,4	2829,8	25,4	78,3	10,7	1133,4	18,9	41,4	40,1

За исследуемый период с 2009 г. по 2018г. В структуре потребительских расходов, как сельских жителей, так и городских, наибольший удельный вес занимают непродовольственные товары – 40,1% и 40,5% соответственно. Кроме того, наблюдается их рост у сельских жителей с 32,5 % до 40,1 % и городских жителей с 33,2 % до 40,5 %. Рост этих затрат и повышение их удельного веса, свидетельствует о стремлении сельских жителей улучшить качество жилья и жизни, путем приобретения предметов, определяющих более высокие условия быта. Затраты на питание у обеих групп жителей имеют тенденцию к снижению у сельских жителей с 52,4% до 38,1 % и у городских жителей с 48,8 % до 31,8 %.

Сопоставляя уровни потребления продовольствия городских и сельских жителей, необходимо отметить, что в сельском хозяйстве преобладает тяжелый физический труд, требующий более усиленного питания, то есть норма потребления по калорийности должна быть на уровне 3700 ккал в сутки. Анализ энергетической ценности суточного пищевого рациона селян выше, чем в домохозяйствах города (2854,7 ккал против 2729,3 ккал), однако норматив энергетической ценности не достигнут. При этом наблюдается, что обеспечение калорийности рациона питания сельских жителей на 38,8 % происходит за счет потребления хлеба и хлебных продуктов и на 12,7 % за счет сахара и кондитерских изделий.

Немаловажной проблемой остается на селе слабая обеспеченность необходимыми продовольственными товарами, при этом по более высокой цене, чем в городе, при более низких доходах селян. Кроме того, магазины в сельской местности технически отстают от городских, качество продукции желает быть лучше. В этой связи на современном этапе необходима модернизация всей сельской торговли, кроме того нужно составить матрицу торговых форматов, обеспечивающих реализацию внутренней продовольственной помощи на той или иной территории, а также возродить магазины потребительской кооперации на селе.

Несомненно, недостаточная обеспеченность села человеческими ресурсами, выступает в качестве еще одной из проблем развития сельских территорий, которая проявляется, в первую очередь, в сокращении численности сельского населения, отсутствии квалифицированных кадров, что в немалой степени зависит от естественной убыли и миграционных потерь[14].

Таблица 5 – Обеспеченность сельских территорий Российской Федерации человеческими ресурсами

Показатели	Годы						Откл. 2018 г. к 2009
	2009	2010	2013	2014	2017	2018	
Число родившихся на 1000 чел., чел.	14,7	14,5	14,4	12,8	12,2	11,2	-3,5
Число умерших на 1000 человек, чел.	14,8	14,5	14,5	14,4	14,2	13,7	-1,1
Естественный прирост (убыль) на 1000 человек, чел.	-0,1	0,0	-0,1	-1,6	-2,0	-2,5	-2,4
Ожидаемая продолжительность жизни, лет	68,6	69,2	69,5	69,9	70,5	71,4	2,8
Миграционная убыль в сельской местности, тыс. чел.	-166,6	-176,8	-133,7	-46,8	-36,4	-46,5	120,1

Приведенные в таблице 5 данные показывают, что естественная убыль населения (на 1000 человек) увеличилась до -2,5. Однако, при этом возросла ожидаемая продолжительность жизни (на 3 г., до 71 года) и сократилась миграционная убыль в сельской местности (с -166,6 до -46,5).

Немного лучше ситуация обстоит и с занятостью, так за 2009-2018 гг. численность сельского населения в трудоспособном возрасте сократилась, в результате чего доля трудоспособных в общей численности сельского населения уменьшилась в России на 4,9.

Если учесть, что еще в 2010 г. «в 62% сельских населённых пунктов численность населения в трудоспособном возрасте в среднем не превышала 60 человек, при этом в 27% – не превышала 6 человек» [11], то есть наблюдается «дефицит рабочей силы с точки зрения ее количества и качества» [2].

Доля остальных секторов в структуре занятого сельского населения составляет менее 3,5%.

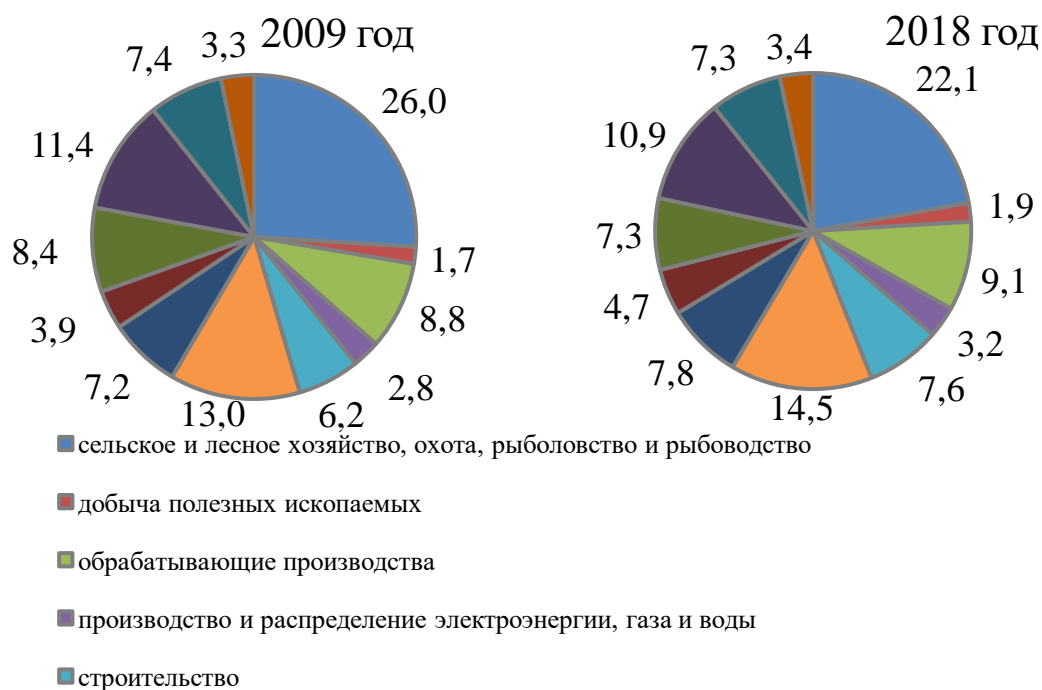


Рисунок 1 – Структура занятого сельского населения РФ по видам экономической деятельности (в среднем за год, %)

В структуре занятого сельского населения РФ по видам экономической деятельности наибольший удельный вес занимает сельское, лесное и рыбное хозяйство, где по состоянию на 2018 г. задействовано 22,1% занятого сельского населения России. При этом за 2009-2018 гг. на 3,9 п.п. сократилась доля занятых в этих отраслях (рис. 1).

Кроме базовых для сельской экономики видов деятельности в 2018 г. значительную долю в структуре занятого сельского населения имеют секторы, представляющие следующие виды деятельности:

– образование, здравоохранение и предоставление социальных услуг – 18,2% занятого населения (по сравнению с 2009 г. доля отраслей в структуре занятого сельского населения сократилась на 0,6 п.п.);

– оптовая и розничная торговля, гостиничный сервис, рестораны – 14,5 % занятого населения (по сравнению с 2010 г. удельный вес отраслей увеличился на 1,5 п.п.);

– обрабатывающие производства – 9,1 % занятого населения (по сравнению с 2010г. доля отраслей увеличилась на 0,3 п.п.);

– доля секторов транспорта и связи, строительства, составляет, соответственно, 7,8% и 7,6%. Удельный вес сектора государственного управления, обеспечения военной безопасности и социального страхования – 7,3%; сектора финансовой деятельности, операций с недвижимым имуществом, аренды и предоставления услуг – 4,7%.

Основными причинами миграции сельских жителей в города выступают, прежде всего, проблемы в обеспечении жизнедеятельности сельского населения необходимыми условиями, а именно наличие жилья, работы, социальных услуг и т.д. Как отмечает, Р.Х. Адуков и др., «неудовлетворительным остается и состояние социальной сферы села, от которой во многом зависит качество жизни сельского населения» [1].

В этой связи, в настоящее время государственным приоритетом должна стать кардинальная переориентация на повышение жизнеобеспечения сельских жителей: повышение привлекательности жизни на селе, рост материальных доходов, обеспечение занятости сельских жителей, формирование социальной инфраструктуры сельских территорий, так как с течением времени даже экономически привлекательные сельские территории становятся аутсайдерами проживания. В условиях ограниченных ресурсов, с целью оптимального распределения ресурсов для решения данной задачи и контроля за их использованием необходимо сформировать полноценную информационную базу о наличии и состоянии сельской социальной и прочей непроизводственной инфраструктуры и динамике ее изменений (причем как количественных, так и качественных).

Рассматривая сферу здравоохранения (табл. 6) необходимо отметить увеличение обеспеченности сельского населения врачами (с 14,4 до 16,4 чел. на 10 тыс. населения) и средним медицинским персоналом (с 54,2 до 60,5 чел. на 10 тыс. населения). При этом снизилась мощность амбулаторно-поликлинических организаций (на 30 посещений в смену).

Таблица 6 – Развитие социальной сферы на сельских территориях России

Показатели	Годы						Откл. 2018 г. к 2009 г.
	2009	2010	2013	2014	2017	2018	
Сфера здравоохранения							
Обеспеченность населения врачами в расчете на 10 тыс. жителей, чел.	14,4	15,2	15,1	15,8	16,1	16,4	2,0
Обеспеченность населения средним медицинским персоналом в расчете на 10 тыс. жителей, чел.	54,2	50,9	56,1	53,6	54,8	60,5	6,3
Средняя мощность амбулаторно-поликлинических организаций, посещений в смену	147	166	133	117	117	117	-30
Сфера образования							
Охват детей в возрасте 1-6 лет дошкольными образовательными учреждениями, %	43,8	44,9	46,1	47,7	47	48,2	4,4
Приходится учащимся на одну организацию общего образования, чел.	116	118	119	125	129	132	16

Продолжение таблицы 6							
Сфера культуры и спорта							
Обеспеченность населения учреждениями культурно-досугового типа на 1 тыс. жителей, места	171	168	155	158	156	154	-17
Число пользователей библиотечным фондом, млн чел.	16,8	16,3	16,4	16,4	16,1	15,8	-1,0
Удельный вес населения, систематически занимающегося физической культурой и спортом, %	19,8	22	24,1	26,2	27,7	29,9	10,1

В сфере образования повысилась обеспеченность детей детскими садами (с 43,8 до 48,2%), хотя она остается довольно низкой. Выросло число учащихся в школах – с 116 до 132 чел, что связано с проводимой политикой оптимизации государственных учреждений.

В сфере культуры сократилась обеспеченность селян культурно-досуговыми учреждениями (с 171 до 154 мест на 1 тыс. жителей), снизилось число пользователей библиотечным фондом (с 16,8 до 15,8 млн чел.). В сфере спорта увеличилась доля селян, систематически занимающихся физкультурой – с 19,8 до 29,9%.

Приведенные данные, свидетельствуют, что, не смотря на принимаемые меры, проблема кадрового обеспечения сельских территорий до сих пор не решена. Так, социально-демографические показатели Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации фиксируют самые неблагоприятные тенденции в уровне жизни именно сельских жителей: обеспеченность населения культурно-досугового типа сокращается, сократилось и число пользователей библиотек, наблюдаются ухудшения в сфере образования, миграции и здоровья жителей сельских территорий [3,4].

Современные социальные программы по привлечению в сельскую местность молодых специалистов в области образования, медицины, культуры, спорта незначительно улучшают общую ситуацию на селе и являются лишь частичным фактором, который помогает «удержать» оставшихся жителей сельских территорий [10].

Поэтому, сегодня необходимо разработать кардинально новую концепцию, которая может обеспечить жизнедеятельность сельских жителей, как экономически так и социально, при этом она должна коррелировать в представлении сельского сообщества с престижными профессиями, карьерными возможностями, высокооплачиваемым трудом, условиями и качественными характеристиками жизни, сопоставимыми с городскими или близкими к ним.

Выводы: Таким, образом, для сельских территорий можно выделить основные, на наш взгляд, концептуальные направления жизнеобеспечения сельского населения [3,8, 15, 16, 17]:

1. Улучшение социально-демографической ситуации: за счет селективной миграционной политики, совершенствование поддержки семей с детьми и стимулирования рождаемости, получение своевременной и качественной медицинской помощи т.д.

2. Формирование комфортной среды жизнедеятельности: предполагает обеспечение равнодоступности образовательных услуг для различных категорий и социальных слоев сельского населения; подготовке и переподготовке профессиональных кадров, востребованных на сельских территориях за счет формирования целевых заказов государства и бизнес-структур; поддержке сельских жителей в части получения доступа к услугам организаций по повышению квалификации и переподготовке кадров, использующих прогностическое и опережающее планирование курсов с ориентацией на вводимые инновации; формирование условий для профилактической охраны здоровья селян (в том числе за счет увеличения финансирования сельского амбулаторно-поликлинического сектора медицинских услуг); восстановление и развитие традиционных культурно-досуговых учреждений и создание в центрах сельских поселений современных технически оснащенных культурных комплексов (дом культуры, библиотека, музей, детская школа искусств, клуб по интересам и т.д.) и т.д.

3. Развитие диверсификации и повышение занятости: за счет расширения видов экономической деятельности – в сферах сельского туризма, рекреации, оздоровления, отдыха, торговли, бытового и коммунального обслуживания, социально-культурных услуг.

4. Организация мониторинга жизнеобеспечения и расширение доступа сельского населения к информационным ресурсам: за счет формирования организационного механизма, представляющего систему отношений между участниками мониторинга по поводу его формирования, осуществления, координации действий, ресурсного, финансового, информационного и прочего обеспечения, что позволит создать единый региональный информационный ресурс, обеспечивающий равный и оперативный доступ к информации для всех полноправных потребителей, что станет отправной точкой для совершенствования управления человеческим капиталом сельских территорий.

5. Включение сельского сообщества в процесс управления территориальным развитием путем самоорганизации сельского населения по месту жительства для самостоятельного осуществления собственных инициатив по вопросам местного значения.

6. Развитие программных соглашений по социально-экономическому партнерству власти, крупного бизнеса и местного самоуправления, что позволит в дальнейшем более целенаправленно решить проблемы жизнеобеспечения сельского населения.

Таким образом, выше обозначенные концептуальные направления позволят создать условия для жизнеобеспечения населения сельских территорий, основными из которых являются экологическое благополучие, достаточность финансирования и развитие институтов гражданского общества. Кроме того, в последующем необходимо разработать отдельную Федеральную целевую программу «Развитие жизнеобеспечения населения сельских территорий», в которой будут поэтапно прописаны все необходимые мероприятия по основным сферам, их финансовое обеспечение и целевые показатели.

Библиография

1. Адукова, А. Н. Управление сельским развитием: необходимость и пути усиления внимания к человеческому фактору / Р. Х. Адуков, А. Н. Адукова, Р. А. Юсуфов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2015. – № 7. – С. 48–52.
2. Акупиан О.С. Инновационные подходы к развитию сельских территорий / О.С. Акупиан, Р.В. Капинос // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2018. – № 3 (19). – С. 50-60.
3. Бондаренко, Л. В. Совершенствовать программно-целевой подход к социальному развитию сельских территорий / Л. В. Бондаренко // АПК: экономика, управление. – 2017. – № 3. – С. 72–80.
4. Громов, Е. И. Способы и механизм управления устойчивым развитием сельских территорий / Е. И. Громов // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 4(93). – С. 355–364.
5. Добрунова, А.И. Повышение эффективности управления социально-экономическим развитием сельских муниципальных образований // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих. – 2016. – № 12. – 44-47.
6. Добрунова, А.И. Европейские приоритеты в управлении развитием сельских территорий до 2020 года / А.И. Добрунова // Вестник экономики, социологии и права. – 2017. – № 4 – С.34-39.
7. Меренкова, И.Н. Теоретико-методологический подход к исследованию жизнеобеспечения сельского населения региона/ Закшевский В.Г., Меренкова И.Н., Перцев В.Н. // Регион: системы, экономика, управление. – 2017. – № 1. – С. 70-76.
8. Меренкова И.Н. Диверсифицированное развитие сельских территорий: от диагностики до моделирования/И.Н. Меренкова, И.И. Новикова, Е.С. Кусмагамбетова. – Воронеж: ФГБНУ НИИЭОАПК ЦЧР России, 2019. –242 с.
9. Об утверждении Стратегии устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года / Распоряжение Правительства РФ от 02.02.2015 N 151-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=174933#0>
10. Полухина, М.Г. Формирование доступности медицинского обслуживания на селе как ключевого элемента устойчивого развития / М.Г. Полухина // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2020 – № 1 (382) – С.162-185.
11. Сюсюра, Д.А. Управление многофункциональной сельской экономикой: от целеполагания до оценки результатов: монография. – М.: Университетская книга; Оренбург: Издательский центр ОГАУ. – 2012. – 256 с.
12. Терновых, К. С. К вопросу о механизме институционального развития сельских территорий / К. С. Терновых, А. В. Агибалов, А. Л. Маркова // Вестник аграрной науки. – 2017. – № 6(69). – С. 171–179.
13. Турьянский, А.В. Предложения по уточнению целевых показателей развития сельских территорий / А.В. Турьянский, В.Л. Аничин, А.И. Добрунова// Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2017. – № 9. – С.38-43.
14. Третьякова, Л. А. Экономическая устойчивость развития сельских территорий / Л. А. Третьякова // Проблемы развития АПК региона. – 2016. – № 2(26). – С. 134–137.

15. Хицков, И. Ф. Сельская территория и программно-целевое планирование / И. Ф. Хицков, В. Е. Петропавловский, И. И. Новикова, А. И. Хицков // Научное обозрение: теория и практика. – 2016. – № 9. – С. 91–99.
16. Хицков, И. Ф. Сельская территория и человеческий фактор / И. Ф. Хицков, В. Е. Петропавловский // Стратегические направления развития АПК Центрального Черноземья в условиях импортозамещения : сб. матер. Межрегиональной науч.-практ. конф. – Научно-исслед. ин-т экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района РФ, 2016. – С. 16–23.
17. Хицков, И. Ф. Формирование механизма устойчивого развития сельских территорий / И. Ф. Хицков, Г. И. Чогут, В. Е. Петропавловский // Повышение эффективности АПК в системе социально-ориентированного развития сельских территорий : сб. науч. тр. – Воронеж : Науч.-исслед. ин-т экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации, 2015. – С. 62–65.

References

1. Adukova, A. N. rural development Management: the need and ways to increase attention to the human factor / R. H. Adukov, A. N. Adukova, R. A. Yusufov // Economics of agricultural and processing enterprises. – 2015. – № 7. – P. 48-52.
2. Akopyan, O. S. Innovative approaches to rural development / O. S. Akopyan, R. V. Kapinos//Innovations in agriculture: problems and prospects. – 2018. – № 3 (19). – P. 50-60.
3. Bondarenko, L. V. To improve the program-target approach to the social development of rural territories / L. V. Bondarenko // Agro-industrial complex: Economics, management. – 2017. – № 3. – P. 72-80.
4. Gromov, E. I. Methods and mechanism for managing sustainable rural development / E. I. Gromov // Economy and entrepreneurship. – 2018. – № 4(93). – P. 355-364.
5. Dobrunova, A. I. Improving the efficiency of management of socio-economic development of rural municipalities // Economics of agricultural and processing enterprises. – 2016. – №12. – P.44-47.
6. Dobrunova, A. I. European priorities in the management of development of rural territories up to 2020 / A. I. Dobrunova // Bulletin of Economics, sociology and law, 2017. – № 4. – P.34-39.
7. Merenkova, I. N. Theoretical and methodological approach to the study of life support for rural population of the region / V. G. Zakshevsky, I. N. Merenkova, V. N. Pertsev // Region: systems, Economics, management. – 2017. – № 1. – P. 70-76.
8. Merenkova, I. N. Diversified development of rural territories: from diagnostics to modeling/I. N. merenkova, I. I. Novikova, E. S. Kusmagambetova. – Voronezh: RUSSIAN NIIEOAPK Central Chernozem region of Russia, 2019. – 242 p.
9. About the approval of The strategy of sustainable development of rural territories of the Russian Federation for the period up to 2030 / Order of the Government of the Russian Federation of 02.02.2015 № 151-p [Electronic resource].- Access mode: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=174933#0>
10. Polukhina, M. G. Formation of accessibility of medical services in rural areas as a key element of sustainable development / M. G. Polukhina // National interests: priorities and security. – 2020 – № 1 (382) – P. 162-185.
11. Syusyura, D. A. Management of multifunctional rural economy: from goal setting to evaluation of results: monograph. – M.: University book; Orenburg: OGAU publishing center, 2012. – 256 p.
12. Ternov, K. S. On the issue of the mechanism of institutional development of rural territories / K. S. Ternov, A.V. Agibalov, A. L. Markova // Bulletin of agricultural science. – 2017. – № 6(69). – P. 171-179.
13. Turyansky, A.V. Proposals to clarify the target indicators of rural development / A.V. Turyansky, V. L. Anichin, A. I. Dobrunova// Economics of agricultural and processing enterprises. – 2017. – №. 9. – P. 38-43.
14. Tretyakova, L. A. Economic stability of rural development / L. A. Tretyakova // Problems of agro-industrial complex development in the region. – 2016. – № 2(26). – P. 134-137.
15. Khitskov, I. F. rural territory and program-target planning / I. F. Khitskov, V. E. Petropavlovsk, I. I. Novikova, A. I. Khitskov // Scientific review: theory and practice. – 2016. – №. 9. – Pp. 91-99.
16. Khitskov, I. F. rural territory and the human factor / I. F. Khitskov, V. E. Petropavlovsk // Strategic directions of development of the agro-industrial complex of the Central Chernozem region in the conditions of import substitution: SB. mater. Interregional scientific-practical Conf. - Scientific-research. Institute of Economics and organization of agro-industrial complex of the Central Chernozem region of the Russian Federation, 2016, – P. 16-23. 17.
17. Khitskov, I. F. Formation of the mechanism of sustainable development of rural territories / I. F. Khitskov, G. I. Chogut, V. E. Petropavlovsk // Improving the efficiency of agriculture in the system of socially-oriented development of rural territories: SB. nauch. Tr – - Voronezh: Nauch. - research. Institute of Economics and organization of agro-industrial complex of the Central Chernozem region of the Russian Federation, 2015, – P. 62-65.

Сведения об авторах

Меренкова Ирина Николаевна, доктор экономических наук, доцент, заведующий отделом «Управление АПК и сельскими территориями», Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации», г. Воронеж, 394042; тел. 8(473) 222-99-40, E-mail: upr-nii@yandex.ru.

Добрунова Алина Ивановна, доцент кафедры экономической теории и экономики АПК, канд. социол. наук ФГБОУ ВО "Белгородский аграрный университет имени В.Я. Горина" п. Майский, тел. + (910)3225725, e-mail: dobrunova@mail.ru тел. (факс.) 8 (4722) 381088

Сидоренко Артем Александрович, ассистент кафедры экономической теории и экономики АПК ФГБОУ ВО "Белгородский аграрный университет В.Я. Горина" п. Майский; тел. +7(904)0908190; e-mail: ArtS90@yandex.ru

Жарикова Ольга Александровна, магистрант 1 года обучения ФГБОУ ВО "Белгородский аграрный университет В.Я. Горина" п. Майский; тел. +7(920)5740495; e-mail: zharikovaolga86@yandex.ru

Information about authors

Merenkova Irina Nikolaevna, doctor of Economics, associate Professor, head of the Department "management of agriculture and rural territories", Federal state budgetary scientific institution "Research Institute of Economics and organization of agro-industrial complex of the Central Chernozem region of the Russian Federation", Voronezh, 394042; tel. 8 (473) 222-99-40, E-mail: upr-nii@yandex.ru.

Dobrunova Alina Ivanovna, associate Professor of the Chair of economic theory and agri-industrial complex economy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Belgorod State Agricultural University named, Candidate of sociology sciences Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin" p. Maysky, tel: +7(910)3225725, e-mail: dobrunova@mail.ru; fax: +7 (4722) 381088

Sidorenko Artem Aleksandrovich, assistant Professor of the Chair of economic theory and agri-industrial complex economy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin" p. Maysky; tel.: +7(904)0908190; e-mail: ArtS90@yandex.ru

Zharikova Olga Alexandrovna, 1-year master's student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin", p. Maysky; tel. +7 (920)5740495; e-mail: zharikovaolga86@yandex.ru.

УДК 330.4:637.5(477.61)

М.Н. Шевченко, А.Ф. Дорофеев, Д.Ю. Чугай, А.В. Лебедь

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И УРОВНЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье рассмотрены комплексные критерии оценки параметров производства и сбыта готовой продукции на мясоперерабатывающих предприятиях республики и обоснован общий интегральный индекс для оценки эффективности и уровня конкурентоспособности мясоперерабатывающей отрасли. Разработана сводная матрица рангов соответствия степени важности комплексных критериев; шкала трансформации качественных оценок соответствия комплексных критериев в количественные оценки по степени важности мониторинга эффективности и уровня конкурентоспособности мясоперерабатывающей отрасли; сводная матрица рангов соответствия степени важности комплексных критериев оценки параметров производства и сбыта готовой продукции; сводная матрица новых переформированных рангов соответствия степени важности комплексных критериев. В результате проведенного исследования на основе метода экспертных оценок выяснилось, что согласно полученным показателям по значимости комплексных критериев оценки параметров производства и сбыта готовой продукции расположились следующим образом: 1) интегральный индекс, связанный с размером чистой прибыли (учитывается доля предприятия от суммарной прибыли или убытка по всем прибыльным или убыточным предприятиям) и эффективностью использования трудовых ресурсов (отображается сколько в среднем тысяч рублей чистой прибыли (убытка) приходится на одного сотрудника за год); 2) индекс, связанный с производительностью труда (ранжируются предприятия по возрастанию производительности труда); 3) индекс, связанный с долей рынка, которую занимает предприятие (ранжируются предприятия по возрастанию этих долей); 4) индекс, непосредственно связанный с количеством персонала (оценивается потенциал предприятия с точки зрения количества трудовых ресурсов); 5) индекс, связанный с маркетингом на предприятии (оценивается уровень эффективности расходов, связанных со сбытом продукции на каждом предприятии); 6) индекс, связанный с диверсификационной политикой предприятия (оценивается доля ассортимента предприятия, по сравнению с ассортиментом предприятия, производящего наибольшее количество видов продукции).

Ключевые слова: конкурентоспособность предприятия, интегральный индекс, использование персонала, производительность труда, доля рынка, маркетинг, диверсификация производства.

MATHEMATICAL MODEL OF MONITORING THE ASSESSMENT OF EFFICIENCY AND LEVEL OF COMPETITIVENESS MEAT PROCESSING INDUSTRY

Abstract. The article considers the comprehensive criteria for assessing the parameters of production and marketing of finished products at the meat processing enterprises of the republic and substantiates the general integrated index to assess the effectiveness and competitiveness meat processing industry. A composite matrix of ranking degrees of importance of complex criteria has been developed; a scale for the transformation of qualitative assessments of the compliance of complex criteria into quantitative assessments of the importance of monitoring the effectiveness and level of competitiveness of the meat processing industry; a summary matrix of ranks of correspondence of the degree of importance of complex criteria for evaluating the parameters of production and marketing of finished products; a composite matrix of new re-formed ranks of correspondence of the degree of importance of complex criteria. As a result of the study, based on the method of expert assessments, it was found that according to the obtained indicators, the significance of the complex criteria for evaluating the parameters of production and marketing of finished products was as follows: 1) an integral index related to the size of net profit (the company's share of total profit or loss for all profitable or unprofitable enterprises) and the efficiency of the use of labor resources (the average how many thousands of rubles of net profit (loss) per employee per year is displayed); 2) an index related to labor productivity (enterprises are ranked by increasing labor productivity); 3) an index related to the market share held by the enterprise (enterprises are ranked by increasing these shares); 4) an index directly related to the number of personnel (the potential of the enterprise is assessed in terms of the amount of labor resources); 5) an index related to marketing at the enterprise (the level of cost-effectiveness of expenses associated with the sale of products at each enterprise is estimated); 6) an index related to the diversification policy of the enterprise (the proportion of the assortment of the enterprise is estimated in comparison with the assortment of the enterprise producing the largest number of products).

Keywords: enterprise competitiveness, integral index, personnel use, labor productivity, market share, marketing, production diversification.

Введение. Конкурентоспособность любого предприятия неразрывно связана с такими составляющими, как продукт, производственные мощности и возможности (технологии), а также позиционирование предприятия на макро- или микроуровне по сравнению с эталонным

предприятием, особенно в условиях внешней нестабильности. Обеспечивающими составляющими достижения конкурентоспособности становятся маркетинговые инструменты, послепродажный сервис, который оказывается потребителям с гарантийным и послегарантийным обслуживанием с соблюдением соответствующих стандартов.

Для предприятий необходимо выделять потенциальную и действующую на данный момент эффективность производства, которая влияет на его конкурентоспособность. В случаях, когда потенциальная эффективность зависит от внешних условий хозяйственной деятельности (трудовые ресурсы, запасы сырья, энергетические ресурсы, технологии) с учетом уровня инновационного развития экономической системы, тогда действующая производительность в компании определит уровень управления и организацию производства предприятия. Показатели конкурентоспособности будут иметь тенденции к росту в результате снижения издержек производства за счет принятия инновационных решений. Следующим резервом повышения конкурентоспособности предприятия является осведомленность и информированность его руководства относительно новых решений в технологическом плане или методов организации труда [1,3].

Конкурентоспособность предприятия является относительным понятием, его можно определять в процессе разработки самой продукции, но реальную конкурентоспособность оценит потребитель уже при выходе товара на рынок, сопоставляя характеристики, качество, цену и сервис с аналогичными продуктами конкурентов.

Цель исследования. Целью нашего исследования стал процесс оценки эффективности и уровня конкурентоспособности мясоперерабатывающей промышленности и разработка математической модели её мониторинга.

Материал и методы. Для того, чтобы оценить эффективность и уровень конкурентоспособности мясоперерабатывающей отрасли, необходимо ввести комплексные критерии оценки параметров производства и сбыта готовой продукции на основных предприятиях республики. В качестве таких нами определены:

1. Интегральный индекс, связанный с размером чистой прибыли и эффективностью использования трудовых ресурсов:

$$r_{I_k} = \alpha_1 r_{P_k} + \alpha_2 r_{S_k} \tag{1}$$

Здесь r_{P_k} – индекс, связанный с размером чистой прибыли, который вычисляется по формуле:

$$r_{P_k} = \begin{cases} \frac{P_k}{\sum_{k=1}^n |P_k| I(P_k < 0)}, & \text{если } P_k < 0; \\ \frac{P_k}{\sum_{k=1}^n P_k I(P_k \geq 0)}, & \text{если } P_k \geq 0. \end{cases} \tag{2}$$

В формуле (2) P_k – чистая прибыль k -го предприятия, $1 \leq k < n$, n – общее количество мясоперерабатывающих предприятий; $I(\cdot)$ – индикатор, то есть:

$$I(P_k < 0) = \begin{cases} 1, & \text{если } P_k < 0; \\ 0, & \text{если } P_k \geq 0. \end{cases} \quad I(P_k \geq 0) = \begin{cases} 0, & \text{если } P_k < 0; \\ 1, & \text{если } P_k \geq 0. \end{cases}$$

Если k -е предприятие убыточное, то $-r_{P_k}$ представляет собой долю, которую составляет убыток k -го предприятия от суммарного убытка по всем убыточным предприятиям; если k -е предприятие имеет прибыль, то r_{P_k} это доля, которую составляет прибыль k -го предприятия от суммарной прибыли по всем предприятиям с прибылью. Заметим, что $-1 \leq r_{P_k} < 0$ для убыточных предприятий, $0 \leq r_{P_k} \leq 1$ для предприятий с прибылью.

Опишем остальные параметры, входящие в формулу (2). r_{S_k} – индекс, связанный с эффективностью использования трудовых ресурсов, который вычисляется по формуле:

$$r_{S_k} \begin{cases} \frac{Z_k}{\sum_{k=1}^n |Z_k| I(Z_k < 0)}, & \text{если } Z_k < 0; \\ \frac{Z_k}{\sum_{k=1}^n Z_k I(Z_k \geq 0)} & \text{если } Z_k \geq 0. \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{Здесь: } Z_k = \frac{P_k}{S_k}, \quad (4)$$

где S_k – количество сотрудников, работающих на k -ом предприятии.

Коэффициент Z_k показывает, сколько в среднем тысяч рублей чистой прибыли (убытка) приходится на одного сотрудника за год, что отражает эффективность использования трудовых ресурсов. Индекс r_{S_k} дает возможность оценить уровень эффективности использования трудовых ресурсов на каждом предприятии и упорядочить предприятия по возрастанию эффективности использования трудовых ресурсов (чем больше r_{S_k} , тем эффективнее используются трудовые ресурсы) при этом $-1 \leq r_{S_k} < 1$.

Вернемся к формуле (1). Веса α_1 и α_2 удовлетворяют следующему условию:

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1, \alpha_1 \geq 0, \alpha_2 \geq 0. \quad (5)$$

Вес α_1 и α_2 показывают, какой из индексов r_{P_k} или r_{S_k} является для нас более важным. В нашей работе мы будем полагать:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \frac{1}{2}, \quad (6)$$

то есть, индексы r_{P_k} и r_{S_k} имеют одинаковый вес в интегральном индексе r_{I_k} .

Заметим, что из формул 1-9 следует, что $-1 \leq r_{I_k} \leq 1$.

2. Индекс, связанный с производительностью труда:

$$r_{W_k} = \frac{A_k}{\sum_{k=1}^n A_k}, \quad (7)$$

В формуле (7) A_k – производительность труда на k -ом предприятии, то есть:

$$A_k = \frac{V_k}{S_k}, \quad (8)$$

где V_k – количество тонн продукции, которая выпускается на k -ом предприятии;
 S_k – количество сотрудников, работающих на k -ом предприятии.

Индекс r_{W_k} дает возможность оценить уровень производительности труда на каждом предприятии и упорядочить предприятия по возрастанию производительности труда (чем больше r_{W_k} , тем выше производительность труда), при этом $0 \leq r_{W_k} \leq 1$.

3. Индекс, непосредственно связанный с количеством персонала:

$$r_{T_k} = \frac{S_k}{\sum_{k=1}^n S_k}, \quad (9)$$

где S_k – количество сотрудников, работающих на k -ом предприятии.

Индекс r_{T_k} дает возможность оценить потенциал предприятия с точки зрения количества трудовых ресурсов, задействованных в производстве и упорядочить предприятия по возрастанию количества трудовых ресурсов (чем больше r_{T_k} , тем больше трудовые ресурсы), при этом $0 \leq r_{T_k} \leq 1$.

4. Индекс, связанный с долей рынка, которую занимает предприятие:

$$r_{M_k} = \frac{V_k}{\sum_{k=1}^n V_k}, \quad (10)$$

где V_k – количество тонн продукции, которая выпускается на k -ом предприятии.

Индекс r_{M_k} показывает долю рынка, которую занимает каждое предприятие и позволяет упорядочить предприятия по возрастанию этих долей (чем больше r_{M_k} , тем больше доля рынка), при этом $0 \leq r_{M_k} \leq 1$.

5. Индекс, который связан с диверсификационной политикой (ассортиментом):

$$r_{Q_k} = \frac{Q_k}{\max_{1 \leq k \leq n} Q_k}, \quad (11)$$

Здесь Q_k – количество различных видов продукции, производимых на k -ом предприятии.

Индекс r_{Q_k} показывает, какую долю ассортимента, от ассортимента предприятия, производящего наибольшее количество видов продукции имеет каждое предприятие и позволяет упорядочить предприятия по возрастанию ассортимента (чем больше r_{Q_k} , тем больше ассортимент), при этом $0 \leq r_{Q_k} \leq 1$.

6. Индекс, связанный с маркетингом (сбытом продукции, системой продвижения):

$$r_{C_k} \begin{cases} \frac{D_k}{\sum_{k=1}^n |D_k| I(D_k < 0)}, & \text{если } D_k < 0; \\ \frac{D_k}{\sum_{k=1}^n D_k I(D_k \geq 0)} & \text{если } D_k \geq 0. \end{cases} \quad (12)$$

Здесь

$$D_k = \frac{P_k}{C_k}, \quad (13)$$

где C_k – расходы на сбыт на k -ом предприятии;

P_k – чистая прибыль k -го предприятия.

Коэффициент D_k показывает, сколько тысяч рублей чистой прибыли даёт каждая тысяча рублей, вложенная в сбыт.

Индекс r_{C_k} даёт возможность оценить уровень эффективности расходов, связанных со сбытом продукции на каждом предприятии и упорядочить предприятия по возрастанию эффективности расходов на сбыт (чем больше r_{C_k} , тем эффективнее используются средства, направленные на сбыт), при этом $-1 \leq r_{C_k} \leq 1$.

Используя индексы r_{I_k} , r_{W_k} , r_{T_k} , r_{M_k} , r_{Q_k} , и r_{C_k} , определим общий интегральный индекс конкурентоспособности предприятия:

$$R_k = \beta_1 r_{I_k} + \beta_2 r_{W_k} + \beta_3 r_{T_k} + \beta_4 r_{M_k} + \beta_5 r_{Q_k} + \beta_6 r_{C_k} \quad (14)$$

Здесь $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$, – веса каждого индекса $r_{I_k}, r_{W_k}, r_{T_k}, r_{M_k}, r_{Q_k}$, и r_{C_k} . Они отражают степень важности каждого индекса и удовлетворяют следующему условию

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6 = 1, \beta_i \geq 0, 1 \leq i \leq 6 \quad (15)$$

Заметим, что

$$-\beta_1 - \beta_6 \leq R_k \leq 1 \quad (16)$$

Для определения соответствия степени важности каждого весового коэффициента β_1 относительно мониторинга эффективности и уровня конкурентоспособности мясоперерабатывающей промышленности рекомендуется использовать метод экспертной оценки путем сравнения показателей [4]. Его методика применения предусматривает расчет весовых коэффициентов по каждому комплексному критерию оценки параметров производства и сбыта готовой продукции в мясоперерабатывающей отрасли.

Предлагаем следующую методику определения соответствия степени важности каждого из комплексных критериев:

1. Результаты экспертных оценок обобщаются в форме сводной матрицы рангов (Таблица 1). Для ее составления оценивают соответствие каждого комплексного критерия в общем интегральном индексе конкурентоспособности предприятия.

Таблица 1 – Сводная матрица рангов соответствия степени важности комплексных критериев [составлена авторами]

Критерий	Уровень важности комплексных критериев. Здесь V_{ij} – экспертная оценка, на сколько i -й критерий соответствует эффективности и конкурентоспособности для j -го эксперта			
	1	2	...	m
1	V_{11}	V_{12}	...	V_{1m}
2	V_{21}	V_{22}	...	V_{2m}
...
N	V_{n1}	V_{n2}	...	V_{nm}

С этой целью качественные оценки соответствия комплексного критерия, с указанием приоритета, трансформируют в количественные показатели на основе использования шестибальной шкалы, представленной в таблице 2.

Таблица 2 – Шкала трансформации качественных оценок соответствия комплексных критериев в количественные оценки по степени важности мониторинга эффективности и уровня конкурентоспособности мясоперерабатывающей отрасли [составлена авторами]

Экспертная оценка соответствия по уровню приоритета	Количественная оценка
Очень высокий	1
Высокий	2
Выше среднего	3
Ниже среднего	4
Низкий	5
Очень низкий	6

В результате можно определить степень выраженности позитивного эффекта анализируемого комплексного критерия, с помощью представленной шкалы (Таблица 2) в виде рангового номера. Если эксперт признает несколько факторов равнозначными, то им присваивается одинаковый ранговый номер.

Соответственно, чем выше экспертная оценка соответствия по уровню приоритета, тем более велика степень влияния данного критерия в общем интегральном индексе конкурентоспособности предприятия.

2. Анализ значимости исследуемых комплексных критериев оценки параметров, построение гистограммы и полигона распределения сумм рангов.

3. Оценка средней степени согласованности мнений всех экспертов и вычисление коэффициента конкордации (согласования), характеризующего степень согласованности мнений экспертов (в виде рангов) по совокупности критериев.

4. Оценка значимости коэффициента конкордации на основании критерия согласия Пирсона для пяти степеней свободы ($K = n - 1 = 6 - 1 = 5$) и при уровне значимости $\alpha=0,05$.

5. Вычисление показателей весомости комплексных критериев оценки параметров производства и сбыта готовой продукции для учёта эффективности и уровня конкурентоспособности мясоперерабатывающей промышленности. Подготовка решения экспертной комиссии.

Этап 1. Для определения уровня значимости каждой составляющей было привлечено восемь экспертов. Оценку степени значимости параметров эксперты производят путем присвоения им рангового номера. Фактору, которому эксперт дает наивысшую оценку, согласно табл. 1, присваивается ранг 1. Если эксперт признавал несколько факторов равнозначными, то им присваивался одинаковый ранговый номер. На основе данных анкетного опроса экспертов была составлена сводная матрица рангов (Таблица 3).

Таблица 3 – Сводная матрица рангов соответствия степени важности комплексных критериев оценки параметров производства и сбыта готовой продукции [составлена авторами на основе экспертных оценок]

№	Эксперты Критерий	1	2	3	4	5	6	7	8
		1	$r_{I_k}(x_1)$	3	1	1	3	3	2
2	$r_{W_k}(x_2)$	2	2	3	2	3	1	2	3
3	$r_{T_k}(x_3)$	4	4	3	2	3	3	3	4
4	$r_{M_k}(x_4)$	1	3	2	2	2	4	4	3
5	$r_{Q_k}(x_5)$	5	6	4	4	5	6	4	4
6	$r_{C_k}(x_6)$	6	5	4	4	4	5	4	4

Так как в матрице имеются связанные ранги (одинаковые ранговые номера) в оценках третьего, четвертого, пятого, седьмого и восьмого экспертов, произведем их переформирование.

Переформирование рангов производится без изменения мнения эксперта (Таблица 4), то есть между ранговыми номерами сохраняются соответствующие соотношения (больше, меньше или равно).

Таблица 4 – Сводная матрица новых рангов соответствия степени важности комплексных критериев в оценках 3-го, 4-го, 5-го, 7-го и 8-го экспертов [составлена авторами]

№ в упорядоченном ряду	Расположение факторов по оценке экспертов					Новые ранги				
	3	4	5	7	8	3	4	5	7	8
1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1
2	2	2	3	3	3	2	2	3	2,5	2,5
3	3	2	3	3	3	3,5	2	3	2,5	2,5
4	3	3	3	4	4	3,5	4	3	5	5
5	4	4	4	4	4	5,5	5,5	5	5	5
6	4	4	5	4	4	5,5	5,5	6	5	5
Сумма новых рангов						21	21	21	21	21

На основании переформирования рангов строится новая матрица рангов. Для этого вычисляется сумма новых рангов и отклонений по формулам 17 и 18 соответственно.

$$S_i = \sum_{j=1}^n B_{ij}, \tag{17}$$

$$\Delta_i = S_i - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B_{ij}}{n}, \tag{18}$$

где i – номер комплексного критерия, $i = \overline{1, n}$;

j – номер эксперта $j = \overline{1, m}$.

Чем меньше величина S_i , тем больше его важность. Результаты расчета приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Сводная матрица новых переформированных рангов соответствия степени важности комплексных критериев [составлена авторами]

Эксперты Критерий	1	2	3	4	5	6	7	8	Сумма рангов	Δ_i	Δ_i^2
X_1	3	1	1	4	3	2	2,5	1	17,5	-10,5	110,25
X_2	2	2	3,5	2	3	1	1	2,5	17	-11	121
X_3	4	4	3,5	2	3	3	2,5	5	27	-1	1
X_4	1	3	2	2	1	4	5	2,5	20,5	-7,5	56,25
X_5	5	6	5,5	5,5	6	6	5	5	44	16	256
X_6	6	5	5,5	5,5	5	5	5	5	42	14	196
Сумма	21	21	21	21	21	21	21	21	168	-	740,5

Проверка правильности составления матрицы на основе вычисления контрольной суммы:

$$\sum_{i=1}^n B_{ij} = \frac{(1+n)n}{2} = 21,$$

для всех $j = \overline{1, m}$.

В итоге суммы по столбцам матрицы равны между собой и контрольной сумме, значит, матрица составлена правильно.

Этап 2. Анализ значимости исследуемых комплексных критериев оценки параметров показал, что комплексные критерии оценки параметров производства и сбыта готовой продукции распределились следующим образом (Таблица 6).

Таблица 6 – Расположение комплексных критериев оценки параметров производства и сбыта готовой продукции по значимости [составлена автором]

Критерии	x_2	x_1	x_4	x_3	x_6	x_5
Сумма рангов	17	17,5	20,5	27	42	44

Для наглядности полученных результатов оценок комплексных параметров построим гистограмму и полигон распределения сумм рангов по степени их значимости (Рисунок).

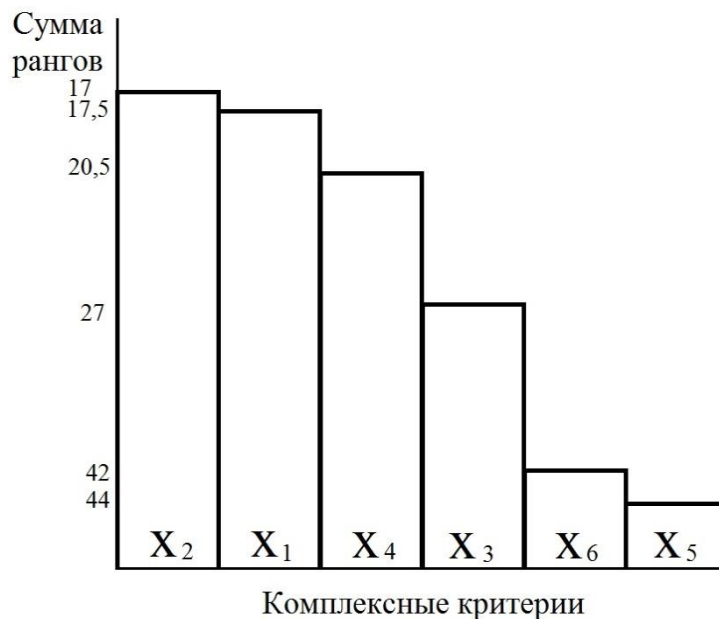


Рисунок – Гистограмма и полигон распределения сумм рангов [составлена авторами]

Гистограмма (Рисунок) позволяет сделать следующие выводы:

1. Наибольшее значение эффективности и уровня конкурентоспособности мясоперерабатывающей промышленности имеют индекс x_2 , связанный с производительностью труда, интегральный индекс x_1 , связанный с размером чистой прибыли и эффективностью использования трудовых ресурсов, и индекс x_4 , связанный с долей рынка, которую занимает предприятие.

2. Вторая группа по значимости включает в себя один индекс x_3 , непосредственно связанный с количеством персонала.

3. Третья группа включает в себя индекс x_6 , связанный с маркетингом и индекс x_5 , который связан с диверсификационной политикой.

Этап 3. Для оценки средней степени согласованности мнений всех экспертов воспользуемся коэффициентом конкордации Кендалла (W) для случая, когда имеются связанные ранги (одинаковые значения рангов в оценках одного эксперта). Коэффициент вычисляется по формулам [5]:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12}m^2(n^3-n) - m \sum_{i=1}^n T_i}, \quad (19)$$

$$T_i = \frac{1}{12} \sum_{l=1}^{L_i} (t_l^3 - t_l), \quad (20)$$

где L_i – число связей (видов повторяющихся элементов) в оценках i -го эксперта;

t_l – количество элементов в l -й связке для i -го эксперта (количество повторяющихся элементов), $S=740,5$; $n=6$; $m=8$.

В нашем случае:

$$T_3 = \frac{1}{12} ((2^3 - 2) + (2^3 - 2)) = 1,$$

$$T_4 = \frac{1}{12} ((3^3 - 3) + (2^3 - 2)) = 2,5,$$

$$T_5 = \frac{1}{12} (3^3 - 3) = 2,$$

$$T_7 = \frac{1}{12} ((2^3 - 2) + (3^3 - 3)) = 2,5,$$

$$T_8 = \frac{1}{12} ((2^3 - 2) + (3^3 - 3)) = 2,5.$$

Соответственно $\sum_{i=1}^n T_i = 10,5$, т.к. $T_1 = T_2 = T_6 = 0$.

Подставляя полученные значения в формулу получим:

$$W = \frac{740,5}{\frac{1}{12} 8^2 (6^3 - 6) - 8 \times 10,5} = 0,71$$

Коэффициент конкордации Кендалла указывает текущую степень согласия между участниками упорядоченной группы, принимая во внимание различие между рангами [6]. Коэффициент конкордации может принимать значения в пределах от 0 до 1. При полной согласованности мнений экспертов коэффициент конкордации равен единице, иначе – нулю. Наиболее реальным является случай частичной согласованности мнений экспертов, в нашем случае коэффициент множественной ранговой корреляции равен 0,71, что говорит о наличии

сильной степени согласованности мнений экспертов по вербально-числовой шкале Харрингтона [2].

Этап 4. Для оценки значимости коэффициента конкордации вычислим критерий согласия Пирсона:

$$X^2 = \frac{S}{\frac{1}{12}mn(n+1) + \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n T_i} \quad (21)$$

где m – количество экспертов;

n – номер комплексного критерия;

T_i – коэффициент, учитывающий наличие связанных вариантов у i -го эксперта.

В нашем случае

$$X^2 = \frac{740,5}{\frac{1}{12} \times 8 \times (6 + 1) + \frac{1}{6-1} \times 10,5} = 28,59$$

Вычисленный X^2 сравним с табличным значением для числа степеней свободы ($K = n - 1 = 6 - 1 = 5$) и при заданном уровне значимости $\alpha=0,05$.

Расчётное значение $X^2 = 28,59 \geq 11,0705$, это говорит о том, что с надёжностью $\gamma = 1 - \alpha = 0,95$ гипотеза о несогласованности мнений экспертов отвергается, а потому полученные результаты имеют смысл и могут использоваться в дальнейших исследованиях.

Этап 5. Для подготовки решения экспертной комиссии матрицу опроса преобразуем в матрицу преобразованных рангов по формуле $S_{ij} = X_{max} - X_{ij}$, где $X_{max} = 6$. Вычисление показателей весомости рассмотренных комплексных критериев оценки параметров производства и сбыта готовой продукции базируется на взвешивании каждой суммы преобразованных рангов относительно общей суммы рангов (Таблица 7).

Таблица 7 – Показатели весомости комплексных критериев оценки параметров производства и сбыта готовой продукции по значимости [составлена автором]

Эксперты Критерий	1	2	3	4	5	6	7	8	Сумма рангов	Вес β_i
x_1	3	5	5	3	3	4	3	5	31	0,2348
x_2	4	4	3	4	3	5	4	3	30	0,2273
x_3	2	2	3	4	3	3	3	2	22	0,1667
x_4	5	3	4	4	4	2	2	3	27	0,2045
x_5	1	0	2	2	1	0	2	2	10	0,0758
x_6	0	1	2	2	2	1	2	2	12	0,0909
Итого	15	15	19	19	16	15	16	17	132	1

Результаты и обсуждение. Согласно полученным показателям весомости, значимость комплексных критериев оценки параметров производства и сбыта готовой продукции расположилась в порядке убывания:

- интегральный индекс, связанный с размером чистой прибыли и эффективностью использования трудовых ресурсов;

- индекс, связанный с производительностью труда;

- индекс, связанный с долей рынка, которую занимает предприятие;

- индекс, непосредственно связанный с количеством персонала;

- индекс, связанный с маркетингом на предприятии;

- индекс, связанный с диверсификационной политикой предприятия.

Обратим внимание на то, что полученный результат несколько отличается от расположения комплексных критериев оценки параметров производства и сбыта готовой продукции по значимости, (индексы r_{W_k} (x_2) и r_{I_k} (x_1) поменялись местами). Это объясняется тем, что в

используемой методике учитывалась не только общая сумма рангов, выставленных экспертами, но и количество экспертов, проголосовавших за тот или иной комплексный критерий.

Выводы. В соответствии с предложенной формулой, в нашем случае общий интегральный индекс конкурентоспособности предприятия удовлетворяет двойному неравенству:

$$-0,3257 \leq R_k \leq 1. \quad (22)$$

Данный индекс позволяет упорядочить предприятия по эффективности и уровню конкурентоспособности в мясоперерабатывающей промышленности (чем больше R_k , тем выше эффективность и конкурентоспособность предприятия).

Данное исследование показало, что на современном этапе актуальными являются информационно-аналитические системы и методы оптимального планирования. Все это подтверждает перспективность и значимость использования инновационных экономико-математических методов и моделей в вопросе обеспечения рациональности, эффективности, инновационности и конкурентоспособности перерабатывающих предприятий АПК. Многие современные предприятия сталкиваются с проблемой точности определения уровня их конкурентоспособности, на основе правильности выбора и анализа ключевых показателей эффективности. В данном контексте была разработана математическая модель мониторинга оценки эффективности и уровня конкурентоспособности мясоперерабатывающей промышленности. Также отметим, что модель обладает высокими адаптивными свойствами и может быть применена при решении более сложных задач.

Библиография

1. Глушак А.В., Дорофеев А.Ф. Математическое моделирование жизненного цикла социально-экономических систем с использованием уравнения Ферхюльста / А.В. Глушак, А.Ф. Дорофеев // Сборник материалов XX Международной научно-производственной конференции: «Проблемы и перспективы инновационного развития агротехнологий». – Белгород: Изд-во Белгородский ГАУ. – 2016. – С. 179-181
2. Портер М. Стратегия конкуренции и анализ отраслей / М.Портер. – К.: Основы, 2014. – 464 с.
3. Shevchenko M.N. The choice of competitive strategy of agricultural enterprise / M.N. Shevchenko, A.F. Dorofeev, A.I. Dobrunova, D.Y. Chugay, A.V. Lebed // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – №3 (23). – С. 105-115.
4. Иванова Т.Л. Державне регулювання конкурентоспроможності трудового потенціалу регіону / Т.Л. Иванова, М.В. Дьоміна // Підвищення ефективності використання ресурсів підприємств і регіонів як чинник удосконалення і модернізації виробництва: зб. наук. праць ДонДУУ. – Т. XII. – 2011. – С. 63-75.
5. Kendal M.A. A new method of rank correlation / M. Kendal // *Biometrika*. – 1938. – Vol.30 – P. 91-93.
6. Xia B. Measuring complexity for building projects: a Delphi study / Bo Xia, Chan Albert P.C. // *Engineering, Constructio and Arhhitectural Management*. – 2012. – № 19(1). – P. 7-24.

References

1. Glushak A.V., Dorofeev A.F. Mathematical modeling of the life cycle of socio-economic systems using the Verhulst equation // In the collection: Problems and prospects of innovative development of agricultural technologies. Materials of the XX International Scientific and Industrial Conference. Belgorod: Publishing House Belgorod SAU. – 2016. – P. 179-181
2. Porter M. Competition Strategy and Industry Analysis / M.Porter. - K. : Fundamentals, 2014. – 464 p.
3. Shevchenko M.N. The choice of competitive strategy of agricultural enterprise // M.N. Shevchenko, A.F. Dorofeev, A.I. Dobrunova, D.Y. Chugay, A.V. Lebed // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – №3 (23). – С. 105-115.
4. Ivanova T.L. State regulation of the competitiveness of the labor potential of the region / T.L. Ivanova, M.V. Demina // Improving the efficiency of resource use of enterprises and regions as a factor in improving and modernizing production: Coll. Science. against DonSU. – Vol. XII. – 2011. – P. 63-75.
5. Kendal M.A. A new method of rank correlation / M. Kendal // *Biometrika*. – 1938. – Vol.30 – P. 91-93
6. Xia B. Measuring complexity for building projects: a Delphi study / Bo Xia, Chan Albert P.C. // *Engineering, Constructio and Arhhitectural Management*. – 2012. – № 19(1). – P. 7-24.

Сведения об авторах

Шевченко Мария Николаевна, доктор экономических наук, декан экономического факультета ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет», доцент кафедры экономической теории и маркетинга, экономический факультет, г. Луганск, ЛНР, 91008, моб. +380952062081, mmshevchenko@ukr.net

Дорофеев Андрей Федорович, доктор экономических наук, доцент, проректор по инновациям и проектной деятельности, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. д. 1, улица Вавилова, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, раб. +74722392294, dorofeev@bsaa.edu

Чугай Дмитрий Юрьевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и экономики АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, экономический факультет, улица Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, моб. +79103606855, dimosx@bk.ru

Лебедь Анна Викторовна, кандидат юридических наук, юрист Региональной благотворительной общественной организации «Центр лечебной педагогики», ул. Профсоюзная, д. 136, к. 5, г. Москва, Россия, 119435, моб. +79099376875, alebed@ccp.org.ru

Information about authors

Shevchenko Marif N., Doctor of Economic Sciences, Associate professor at the Department of Organization and Management, SEI LPR «Lugansk State Agrarian University», Lugansk, LPR, 91008, моб. +380952062081, mmshevchenko@ukr.net

Dorofeev Andrey F., Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Vice-rector for innovation and project activities, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University V.Y. Gorin», Vavilova St, 1, 308503, Mayskiy, Belgorod region, Russia, tel.+74722392294, dorofeev@bsaa.edu.ru

Chugay Dmitriy Y., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor at the Department of Economic theory and Economics of agriculture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova St, 1, Mayskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +79103606855, dimox@mail.ru

Lebed Anna V., Candidate of Law, Lawyer of the Center for Therapeutic Pedagogy, Regional Charitable Public Organization, Profsoyuznaya St., 136, build. 5, Moscow, Russia, 119435, моб. +79099376875, alebed@ccp.org.ru

УДК 332.37

М.В. Рыжкова, Т.Б. Варлачева

ПРЕОДОЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПУТЕМ ИНФОРМИРОВАНИЯ ФЕРМЕРОВ О СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ПЛАНИРОВАНИЕ ФОРСАЙТ-СЕССИИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Аннотация. Перевод экономики в цифру является одним из самых крупных трендов современности. Современные развитые страны Европы, Азии и Америки активно внедряют цифровые технологии в различные сферы экономики, включая сельское хозяйство. Очевидно, чтобы не отставать от мировых партнёров и усилить конкурентные преимущества национальной экономики Правительством Российской Федерации, в частности Министерством сельского хозяйства РФ был разработан ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство», подразумевающий полномасштабное внедрение цифровых технологий в агропромышленный комплекс России. Однако, далеко не все частные организации и индивидуальные предприниматели, работающие в аграрном секторе, переводят своё производство на цифровые рельсы. Причины такого консервативного поведения разные. В том числе, одной из причин, легших в гипотезу изложенного в статье исследования, является отсутствие диалога между всеми стейкхолдерами процесса цифровизации сельского хозяйства на региональном уровне. Данная статья поднимает вопрос об организации такого диалога со стороны местных органов власти.

В статье подробно описана специфика планирования, примерный состав участников и этапы проведения форсайт-сессии. Состав команд сессии предполагает включение представителей сельхозпроизводителей, технологического бизнеса, ученых и местных органов власти. Результатом работы форсайт-сессии является карта будущего, которая позволяет увидеть целиком образ будущего в предметной области, проанализировать пути достижения желательных результатов и разработать мероприятия по уменьшению вероятности нежелательных состояний, а также комплекс факторов, влияющих на вероятность воплощения каждого из вариантов развития событий. Разработанный проект будет рекомендован для реализации стратегических планов развития Томской области.

Ключевые слова: форсайт, инновационные технологии, сельское хозяйство, «Цифровое сельское хозяйство», Администрация Томской области, Департамент социально-экономического развития села Томской области.

OVERCOMING RESISTANCE OF DIGITALIZATION BY INFORMING FARMERS ON MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE: PLANNING FORSIGHT SESSION AT REGIONAL LEVEL

Abstract. The transition of the economy into digitalization is one of the largest trends of our time. Modern developed countries in Europe, Asia and America are actively introducing digital technology in various sectors of the economy, including agriculture. Obviously, in order to keep up with global partners and strengthen the competitive advantages of the national economy, Government of Russian Federation, in particular, the Ministry of Agriculture of Russian Federation, has developed “Digital Agriculture” as a departmental project, which implies the full-scale introduction of digital technologies in the Russian agro-industrial complex. However, not all private organizations and individual entrepreneurs working in the agricultural sector are switching their production to digital orders. The reasons for this conservative behavior are different. In particular, one of the reasons that laid down the hypothesis of the study stated in the article is the lack of dialogue between all stakeholders in the process of digitalization of agriculture at the regional level. This article raises the question of organizing such a dialogue on the part of local authorities.

The article describes in detail the specifics of planning, the approximate composition of the participants and the stages of the foresight session. The composition of the teams of the session involves the inclusion of representatives of agricultural producers, technology business, scientists and local authorities. The result of the foresight session is a map of the future - a scheme that allows to see how the whole subject area, the image of its future, as well as ways to achieve desirable and avoid unwanted states and factors affecting the likelihood of embodiment of a scenario are formed. The developed project will be recommended for the implementation of strategic development plans of the Tomsk region.

Keywords: foresight, innovative technologies, agriculture, “Digital Agriculture”, Administration of the Tomsk Region, Department of Social and Economic Village Development of the Tomsk Region.

1. Введение. Ухудшающаяся экологическая ситуация, растущие цены энергоносителей и падающее плодородие земель станут серьезным препятствием в будущем для производства необходимого количества продовольствия. Решение этих проблем находится в плоскости изменения способов ведения сельхоздеятельности путем внедрения новейших цифровых технологий и инновационные решения.

Пока что Россия по уровню цифровизации в сельском хозяйстве занимает лишь 15-е место в мире, и только при обработке 10 % земель применяются цифровые технологии [1]. По оценкам, из-за недостаточного использования новых методов теряется до 40 % урожая. Разные категории хозяйств неравномерно используют цифровые технологии. По итогам ВСХП в 2016 г. только 55,4 % малых сельхозорганизаций, 44,2 % микропредприятий, 24 % индивидуальных предпринимателей и 21,8 % ЛПХ имеют доступ к Интернету. Согласно паспорта ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» [3] по основным и дополнительным показателям цифровой трансформации [С. 18-20] данные отсутствуют, кроме доли инвестиций на покупку и внедрение цифровых продуктов и технологий в общем объеме инвестиций сельскохозяйственных предприятий, которая составляет от 0,1 до 0,5%, что можно трактовать как отсутствие основы для развития цифровой экономики на селе.

Основой для изложенного в статье исследования стал проведенный осенью 2018 г. и весной 2019 г. среди сельхозпроизводителей Томской области опрос. Целью опроса стало выявление количества потребителей, применяющих в фермерском хозяйстве инновационные технологии, в том числе интернет-вещей, а также причины, побудившие к их приобретению (рисунок 1 и 2). В опросе приняло участие 32 человека, из которых ответило только 13, а 19 фермеров отказались принять участие, что может косвенно свидетельствовать об отношении фермеров к тренду.

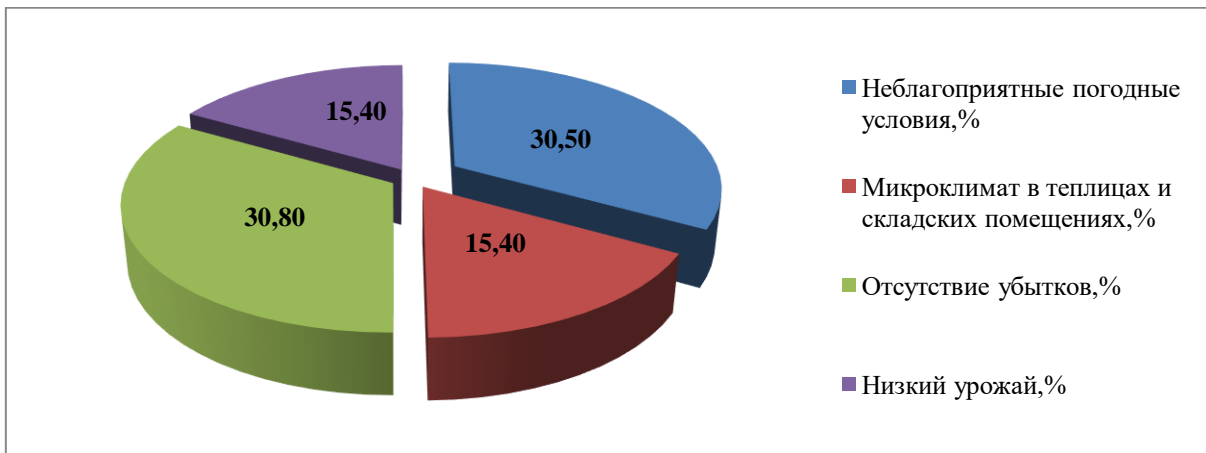


Рис. 1 - Основные причины убытков, заставляющие сельхозпроизводителей искать новые решения в растениеводстве

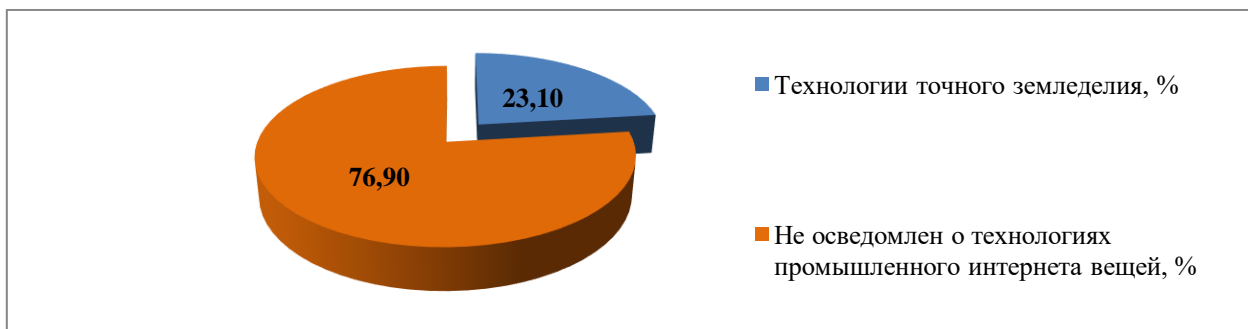


Рис. 2 - Осведомленность КФХ об инновациях в сфере сельского хозяйства на территории Томской области, позволяющих повышать производительность производства

В результате опроса выяснилась низкая осведомленность малых и средних фермеров о предложениях на российском рынке инновационных технологий для разрешения многих проблем и эффективного производства продукции в сельском хозяйстве. Существуют и другие причины низкой заинтересованности аграриев в цифровых технологиях. Во-первых, это отсутствие свободных денежных средств у предпринимателей на развитие своих фирм. Многие аграрные компании, и в особенности мелкие сельхозпроизводители, работают практически «в ноль», имея прибыль, которая едва покрывает личные потребности самого фермера и его фермы. Вторая причина – это отсутствие знаний у аграриев о трендах цифровизации сельского хозяйства в целом, и неосведомленность о конкретных цифровых технологиях, которые уже применяют зарубежные и некоторые отечественные сельскохозяйственные предприятия.

В связи с реализацией ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» [3], целью которого является «цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях в 2 раза к 2024 г.» [С. 18], планируется, в частности, создание систем учета сельскохозяйственных земель и отслеживания всей создаваемой в АПК продукции (платформа ЦСХ). Система учета, в частности, позволит проследить использование участков под выращивание сельхозкультур и выделить пустующие площади. Внедрение цифровых технологий позволит повысить продуктивность сельхозпроизводства. Решения поставленных задач, не возможно без внедрения сельхозпроизводителями и фермерами в сельхозпроизводство различных инновационных технологий, таких как интернет-вещей (сенсорные датчики), беспилотники, роботы и т.п. Без их присутствия на полях и в целом в фермерском хозяйстве, невозможно создавать требуемые государством цифровые решения.

Метод форсайт-сессии был выбран не случайно. Опыт коллег из соседнего региона (Кемеровской области) показал положительный эффект от проведения мероприятия такого формата. Изначально, и.о. заместителя губернатора по агропромышленному комплексу Кемеровской области поставил на повестку задачу - «Мы собрались провести своеобразный мозговой штурм.... Прежде всего нам необходимо поставить высокую, может быть и недостижимую цель, выбрать основные приоритеты, и то, как мы будем к этому двигаться. Для этого нам необходимо привлечь экспертов, имеющих глубокое представление о сельском хозяйстве, готовых принять самое активное участие в реализации Стратегии развития Кемеровской области 2035» [4]. «Аналогичным образом форсайт-сессия будет проводиться и в нашем регионе. Данный формат позволяет участникам «проанализировать и спроектировать текущую деятельность, но и оценить желаемые и не желаемые события и риски» [4]. Итогом форсайт-сессии в Кемеровской области стали «лучшие, наиболее значимые проекты», которые заинтересовали всех участников (а это и сами аграрии, и региональные власти, и сотрудники Кузбасской сельхозакадемии). Данные проекты уже включены в стратегию социально-экономического развития Кемеровской области и в будущем будут активно реализовываться.

Нельзя также не упомянуть столичный опыт проведения форсайт-сессии, посвящённой сельскому хозяйству. 4 февраля 2020 года на ВДНХ прошла форсайт-сессия, темой которой называлось «сельское хозяйство России-2025: взгляд в будущее» [5]. На данной сессии присутствовали представители мэрии Москвы и правительства Московской области, сотрудники ВШЭ, представители АККОР (Ассоциации крестьянских хозяйств и сельскохозяйственный кооператив России), АО «Россельхозбанк». На этой форсайт-сессии помимо сугубо отраслевых проблем обсуждалась цифровая трансформация сельского хозяйства и ограничивающие факторы внедрения цифровых технологий в АПК. По итогам форсайт-сессии участники отметили, что без сомнений, у России огромные перспективы с точки зрения участия на глобальном продовольственном рынке и лидирования по многим позициям по производству в агропродовольственном секторе. Также эксперты отметили, что очень важно научиться формировать собственные тренды и выходить с ними на рынок, а не слепо следовать тому, что происходит в мире. Заместитель председателя правления АО «Россельхозбанк» Денис Константинов отметил: «Мы должны быть впереди трендов и формировать их с научной, образовательной точки зрения, с точки зрения коммуникаций с потребителем и поддержки отечественного сектора АПК» [5].

На наш взгляд, Администрации Томской области не стоит отставать от коллег и создать аналогичную площадку для обсуждения условий внедрения цифровых технологий в томском АПК, хотя бы по примеру образовательного проекта «Цифровизация сельского хозяйства» [6]. Для начала Департамент социально-экономического развития села Томской области может помочь малым и средним фермерам на пути цифровизации хотя бы тем, что донесет до них сами варианты цифровых технологических решений, их видах на рынке, поставщиках и возможностях возмещения части затрат со стороны государства на закупку. Дело осложняется еще и тем, что фермеры, представители технологических компаний и государственных организаций разговаривают на разных языках и преследуют разные цели. Лучшим вариантом выработки единого взгляда на проблему является организация форсайт-сессии.

2. Планирование форсайт-сессии

Основным интересантом и организацией, на базе которой планируется организовать сессию, является Департамент социально-экономического развития села Томской области, который определит масштаб проекта и выберет сектора его реализации. Кроме того, он включит форсайт-мероприятие в программу реализации региональной политики (национальные планы развития, отраслевая политика).

Согласно подходу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [7, С. 11] выделяется шесть основных направлений цифровой трансформации в сельском хозяйстве: «Цифровые технологии в управлении АПК», «Цифровое землепользование», «Умное поле», «Умный сад», «Умная теплица», «Умная ферма». Администрация Томской области на начальном этапе приняла в разработку 2 направления цифровизации, объединив их в Пилотный проект «Цифровое поле»: 1) точное земледелие и 2) умное поле [8]. Они и будут обсуждаться на форсайт-сессии.

Участникам форсайт-сессии планируется предоставить список актуальных трендов по теме форсайта (таблица 1). Набор трендов определяется прежде всего на основе анализа информации о данной предметной области и обсуждения со специалистами.

Таблица 1. Список трендов, подготовленных для участников

№	Название тренда	Год возникновения
1	Рост различных решений в ограниченные промежутки времени. В течение сезона фермеру приходится принимать их более 40 [9, 10]	2018
2	Замедление интереса в новых технологиях у сельхозпроизводителей [11]	2019
3	Отсутствие роста закупок у малых и средних фермеров инновационных технологий [11]	2019
4	Преобразование сельского хозяйства путем внедрения цифровых технологий и платформенных решений [3]	2019
	Преобразование сельского хозяйства путем внедрения цифровых технологий и платформенных решений [12]	2018
5	Рост цифровых и интегральных решений для агропромышленного комплекса [13]	2017
6	Необходимость мониторинга земель сельскохозяйственных назначений [14]	2010
7	Рост знаний о цифровых технологиях у сельхозпроизводителей [3]	2019
8	Рост интернет-вещей и беспилотных решений [3]	2019
9	Рост государственного финансирования покупки цифровых технологий фермерами (субсидии) [3]	2019

2.1. Состав участников

Обязательным условием формирования состава участников является наличие 4 групп по 4 члена в каждой. Группы предполагается формировать по составу стейкхолдеров процесса цифровизации (ученые-разработчики, цифровой бизнес, сельхозпроизводители и государство) Планирование выбора экспертов приведено в таблицах 2-5. Экспертов необходимо подобрать наиболее компетентных, представляющих различные субъектные позиции в предметной области.

Таблица 2. Возможный состав группы «Ученые-разработчики – представители от ВУЗов г. Томска»

ВУЗ	Представитель для приглашения в форсайт	Направление, разработки
ТГУ	Хромых Вадим Валерьевич, доцент кафедры географии	Внедрение технологий точного земледелия в регионе. Университет предложил Департаменту свою техническую базу для сбора и аккумуляции данных, необходимых для создания первого «цифрового» поля [15].
ТУСУР	Катаев Михаил Юрьевич, научный руководитель ЦКМЗ ТУСУРа профессор	Геоинформационная система, анализирующая регулярно поступающие спутниковые снимки. Есть ряд свидетельств о регистрации программ обработки изображений и определения типа растений с беспилотных летательных аппаратов [16].
ТПУ	Туранов Сергей Борисович, инженер-исследователь кафедры лазерной и световой техники	Технологии для сельского хозяйства (агробιοфото-ника для smart-теплиц, датчики) [17].
ИМКЭС СО РАН	Тихомиров Александр Алексеевич, руководитель Лаборатории экологического приборостроения (ЛЭП), д.т.н., профессор	Создание новых приборов, их элементов и материалов для контроля окружающей среды, в том числе метеорологическое приборостроение и технологии применения; программно-аппаратные комплексы для автоматического контроля метеорологических параметров атмосферы и другое [18].

Примечание: возможна их замена на коллег методом снежного кома.

Таблица 3. Возможный состав группы «Цифровой бизнес – ведущие поставщики сектора»

Организация	Продукт
ПАО Группа компаний «Микрон» (Москва) [19]	RFID-метки, карты, чипы Интернет вещей
Группа компаний Cognitive Technologies (Москва) [20]	Умные комбайны
АО «НПФ Микран» (Томск, 2 представителя) [21]	Интернет вещей (сенсорные датчики) для с/х

Таблица 4. Возможный состав группы «Государство – представители местных органов власти в области сельского хозяйства» [22]

Представитель	Отдел
Егорова Александра Алексеевна	Начальник отдела экономики и инвестиций
Алексеева Нелли Николаевна	Заместитель начальника Департамента социально-экономического развития села Томской области - председатель комитета по развитию сельских территорий и агропродовольственного рынка
Билле Дмитрий Андреевич	Начальник отдела по информационно - аналитическому обеспечению
Празукин Денис Константинович	Представитель Органов управления АПК в муниципальных образованиях. Томский район.

Из каталога сельскохозяйственных производителей Томской области [23] был осуществлен подбор четырех хозяйств, которые уже используют инновационные технологии (таблица 5).

Таблица 5. Возможный состав группы «Сельхозпроизводители – КФХ и ИП»

Организация	Представитель	Вид деятельности	Адрес
АО «Дубровское»	Директор - Сергеев Геннадий Николаевич	Смешанное сельское хозяйство	Кожевниковский район, село Песочнодубровка
ООО «Трубачево»	директор Шанина Галина Иннокентьевна	Выращивание овощей защищенного грунта	Томский р-н, п. Трубачево, улица Речная, 3
КФХ «Летяжье»	Глава Селихов Владимир Николаевич	Смешанное сельское хозяйство	Томская обл., с.Кожевниково, ул.Гагарина
ИП Ерхов В. М. ЛПХ	Ерхов Виталий Михайлович	Выращивание зерновых и зернобобовых культур	Зырянский р-он, с. Михайловка, ул. Школьная, д. 14

2.2. Процедуры на форсайт-сессии.

Целью форсайт-сессии является сбор идей для преодоления барьера отсутствия знаний у фермеров об инновационных технологиях для сельского хозяйства и важности их закупки.

Планируется проведение круглого стола, который будет организован Департаментом развития социально-экономического развития села Томской области. Круглый стол посвящён обсуждению возможных подходов для реализации поставленной цели. Ожидается, что прогноз позволит выявить период снижения барьеров у фермеров в закупках цифровых технологий для производства сельхозпродукции.

Был принят «инновационный» способ принятия решений (прогнозирование из будущего в настоящее). Поскольку нам необходимо осмыслить и оценить наиболее эффективные варианты, экспертам лучше использовать метод мозгового штурма.

Форсайт-сессия будет проводиться на площадке Департамента по одному перспективному рынку в течение двух дней. Общее количество рабочих групп – 4, в каждой по 4 человека. Всего участников – 16 человек и 1 модератор. Для обеспечения синхронности работы, единообразия и качества получаемого продукта для модераторов и сборщиков групп все постановки будут выполнены в виде пошаговой инструкции.

Результатом работы форсайт-сессии является карта будущего – «схема, позволяющая увидеть как целое всю предметную сферу, образ ее будущего, а также пути достижения/избегания тех или иных желательных или нежелательных состояний и факторы, влияющие на вероятность воплощения варианта развития событий» [24].

Предполагается следующий вариант работы команд: в каждой команде по одному представителю от бизнеса, администрации, ученых и фермеров. Модератор устанавливает правила работы и разбирает с ними понятия основных элементов карты-сессии или карточки (6 видов): тренд, угрозы, возможности, формат, технология и нормативные акты. В каждой карточке эксперт оценивает вероятность тренда. Карточки разрабатываются на ближний (2021-2022), средний (2023-2024) и дальний (2025-2030) горизонты прогнозирования.

Карточка «**Тренд**» описывает направление развития, основная проблема. Пример формулировки тренда: «увеличение, рост, ускорение, уменьшение, замедление, несовпадение и т.д.» - «количества..., скорости..., требований, ... интереса к ... и т.д.» - « в сельском хозяйстве, у фермеров, инновационные технологии».

Карточка «**Угрозы**» описывает развитие тренда как потенциально негативное значимое следствие технологии, формата или другой компоненты на карте для стейкхолдеров.

Карточка «**Возможности**» аналогично предыдущей карточке, однако описывает положительные последствия развития тренда, создающие возможности для субъектов форсайта.

Карточка «**Технология**» описывает методы и инструменты для достижения желаемого результата.

Карточка «**Формат**» содержит план по организации коммуникации и совместной деятельности субъектов по реализации будущего.

Карточка «**Нормативные акты**» включает в себя документы, необходимые для реализации, или сдерживания тренда. Например, ФЗ, локальные акты, положения и т.п.

Дополнительно экспертам предлагается заполнить карточку «**Событие**», которая описывает событие-джокер, влияющие на развитие тренда.

Модератор организует взаимодействие, и участники заполняют карту сессии различными карточками по своему усмотрению, карточки прикрепляются к карте (рисунок 3).

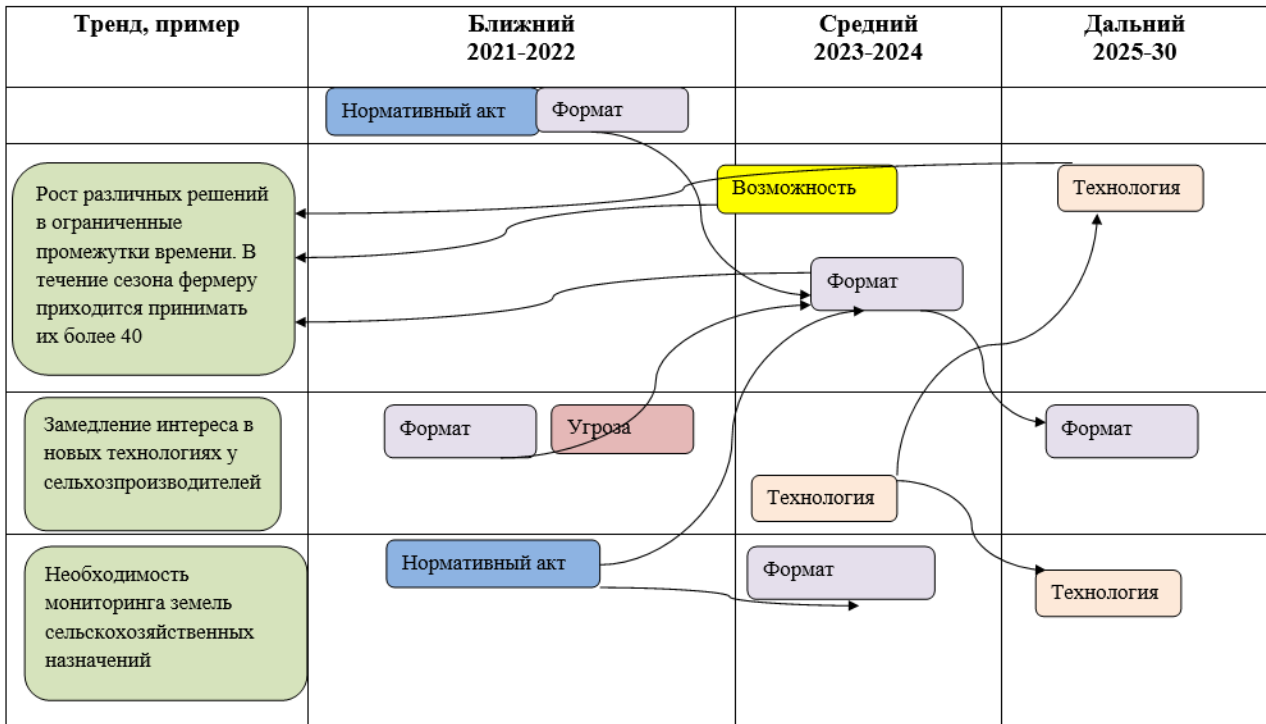


Рис. 3 - Карта сессии (фрагмент)

Распределение производится по трем основным временным горизонтам:

– ближний (события сейчас, 2021-2022 годы): это тренды, технологии и угрозы, до появления которых, как считают эксперты, остались считанные дни, что, по большей части, показывает уровень профессионализма и осведомленности эксперта в собственной предметной области.

– средний (события, имеющие предпосылки, 2023-2024 годы): это те значимые и прорывные, по мнению экспертов, феномены, но участники хорошо осведомлены об связанных с ними рисках, поэтому эксперты испытывают смешанные чувства по поводу реальности воплощения этих трендов.

– дальний (предполагаемые события, 2025-2030 годы): это либо объекты из разряда научной фантастики, которые возможно появятся в случае благоприятного стечения обстоятельств, или уже существующие продукты, но развитые в новом технологическом ключе.

Эксперты размещают карточки в одном из трех временных горизонтов, указанных на горизонтальной оси.

Пошагово форсайт-сессия выглядит следующим образом:

Шаг № 1. Процесс начинается с анализа процессов изменения, которые лежат в основе развития отрасли и сектора. Эти процессы отражаются в представленных трендах, которые формируют будущее отрасли и охватывают разные типы процессов (но не ограничиваются ими).

Мозговой штурм проводится в группах с целью поиска актуальных трендов, составляющих основную проблему в рамках решения форсайт-сессии. Они размещаются в левом поле карты (краткосрочный временной горизонт) за исключением тех немногих случаев, когда возникновение этих трендов ожидается в будущем. Тогда исходная точка появления тренда может быть расположена на любом из временных горизонтов карты.

Группы также решают, какие тренды нужно поддерживать для создания цифровой среды в своей деятельности, а какие тренды мешают для развития. Каждая карточка должна содержать предполагаемый год своего «начала».

Неподдержанные всей группой, маловероятные, но интересные тренды отправляются в поле «Черные лебеди». Отбор «черных лебедей» проводится для всех карточек.

Карточки заполняются либо самостоятельно, либо совместно с членами группы. Такой же подход сохраняется к заполнению и других карточек.

После того как большинство участников заполняют карточки первого задания (что занимает от двух до семи минут), модератор просит каждого из лидеров команды или участников отдельно (кто заполнял самостоятельно) высказать свое мнение в следующем формате:

1) Участник, представляющий определенный тренд, зачитывает сформулированное им название тренда и отмечает год начала его проявления.

2) Если аудитория не понимает, о чем идет речь (для этого модератор задает прямой вопрос), участник, представляющий тренд, зачитывает внесенное на карточку описание тренда.

3) Если понимание все еще не достигнуто, участнику, представляющему тренд, задаются дополнительные вопросы.

4) При необходимости участник вносит изменения в формулировку сведений на карточке, которые принимаются или отклоняются голосованием группы. Отклоненная карточка размещается на горизонте «черные лебеди».

Последовательность работы модератора и группы после заполнения других карточек в следующих заданиях проходит в аналогичном подходе.

Шаг № 2. Следующими заполняются карточки с описанием технологий и размещаются на карте. К технологиям относятся изобретения и технические инновации, которые, в отличие от форматов, не прекращают функционировать, если не управляются человеком.

Шаг № 3. Затем группа заполняет и размещает на карте карточки с описанием форматов, которые, как отмечалось выше, представляют собой формы социального взаимодействия или социальные форматы.

Шаг № 4. Следующий этап в создании карты будущего – работа с нормативными актами. Формат работы аналогичен формату работы с карточками технологий и формата. Записывают закон или положение регламентирующие определенную деятельность.

Шаг № 5. На этом шаге происходит работа с угрозами и возможностями, когда определяется их субъект как заинтересованную сторону, которая может как выиграть от сущности, технологии, формата, события, так и проиграть. Одна и та же сущность может быть угрозой и возможностью одновременно. Основные вопросы на этом шаге: «Как это может повредить или помочь данному субъекту?» «Какие убытки или прибыли данная сущность или развитие тренда принесет субъекту?»

К этому времени карта уже достаточно заполнена карточками, участникам нужно воспринять ее как единое целое. Для этого модератор проводит «минисборки» в разрезах временных горизонтов (по вертикали) и между развитием трендов (по горизонтали). Далее производится попытка собрать связи между трендами (две и более строки) и между горизонтами. Производится анализ карты на связанность, логичность, отражение причинно-следственных связей. Даже при простом зачитывании содержимого карты модератором происходит переосмысление и реструктурирование материала, карточки переносятся из клетки в клетку, устанавливаются дополнительные связи между ними. Далее карта будущего проверяется на целостность и полноту. По окончании проверки модератор и группа соотносят полученное на предмет соответствия поставленной задаче и цели проводимой сессии.

Заключительным этапом сессии является рефлексия и доработка метода, что обязательно для любого форсайта. Как правило, начинается рефлексия с дебрифинга, когда собираются эмоциональные высказывания, что позволяет понять отношение экспертов к результату работы и сбросить напряжение от нее. Затем проводится рефлексия по содержанию сессии, при этом выясняются, достигнут ли образ результата, структурируются результаты по важности, обсуждаются пробелы в предметной области и другое. Также необходимо провести рефлексии по организации работы группы и использованным методам, а также индивидуальную рефлексии каждого участника.

2.3. Календарное оформление форсайт-сессии.

Работа форсайт-сессии проводится 2 дня. Описан сценарий расписания «Форсайт-сессии» с тактами работы в первый день [24]. Сначала вводная часть с 10:00 утра до 10:30 утра. Говорится вступительное слово с постановкой задач. Далее идет подготовительная часть работе. С 11:00-12:00. На ней происходит нетворкинг участников.

Подготовка к работе в форсайте.

Данный этап подразумевает выполнение следующих задач:

- Знакомство с группой, прояснение позиций участников.
- Разъяснение графика и форматов работы.
- Разъяснение основных принципов форсайта (горизонты, карточки, говори коротко, пиши на карточке).

Ядро форсайта.

Для удобства каждый отдельный этап будет называться «тактом».

Такт Форсайт I называется «Тренды и субъекты», проводится с 12:00 по 14:00 (перерыв 12.30- 13.00 на кофе-брейк). Данный такт подразумевает работу с трендами, распределение по тематике, формирование списка субъектов формайта (стейкхолдеров, оппонентов и пр.).

Планируется выполнение задач:

1. Получить карту трендов (по формуле).
2. Отметить специфичные для сектора умное поле.
3. Провести ревизию трендов, выделить
4. Выделить субъектов из списка.

Планируется достижение следующих результатов:

- Карту трендов с размеченными кластерами и свойствами.
- Перечень субъектов.

Такт Форсайт II называется «Технологии-Форматы-Нормативные акты», проводится с 14:00 по 15:30.

Планируется выполнение задач:

1. Объяснить участникам смысл каждой карточки «ТФН».
2. Сгенерировать карточки идей поддержки разных типов.

Планируется достижение следующих результатов:

- Карта сессии заполнена по всем возможным выявленным.
- Карта трендов, технологий и нормативных актов как процесс.

Такт Форсайт III называется «Угрозы и возможности», проводится с 15:30-18:00 (перерыв с 16.00 по 16.20 на кофе-брейк). При этом происходит выявление угроз и возможностей для выявленных субъектов в карте.

Планируется выполнение задач:

1. Выделить ключевые угрозы и возможности.
2. Сформировать список ключевых заинтересованных групп вокруг угроз и возможностей (выявить точки напряжения).
3. Подготовить групповой доклад.

Планируется достижение следующих результатов:

- Перечень ключевых стейкхолдеров карты.
- Рейтинг ключевых угроз и возможностей.
- Зоны наибольшего напряжения или благоприятного пространства для новой деятельности, отмеченные на карте.

– Набор идей противодействия угроз и поддержки возможностей.

– Флипчарт с краткими ключевыми результатами работы группы.

Обобщение результатов исследования.

Второй день форсайт-сессии значительно короче первого и проводится с 10:00 по 14:00 (перерыв с 12.00 по 12.30 на кофе-брейк). Тема дня – «Образы будущего».

Планируется выполнение задач:

- Выделить наиболее важные моменты в доработанных треугольниках сегментов.
- Обсудить наиболее важные комментарии в группах.
- Представить сводный образ будущего с учетом других докладов.

Итоговый результат дня состоит в итоговой сборке собирательного образа будущего от каждой группы, который описывает уровень знаний и количество приобретенных цифровых технологий фермерами.

Заключение

Основным итогом форсайт-сессии является повышение осведомлённости фермеров Томской области об информационных технологиях в сфере сельского хозяйства и поиск механизмов повышения мотивации у них к использованию этих технологий на своих предприятиях. Различные точки зрения со стороны региональной власти, научных сотрудников и предпринимателей приведут к консенсусу относительно реализации концепции цифровизации сельского хозяйства на территории Томской области. По возможности разработанные проекты и принятые решения будут учтены при реализации стратегических планов развития Томской области. Неочевидным, но очень важным итогом форсайт-сессии также является создание диалога между властями учеными и фермерами, их интеграция в развитии агропромышленного сектора экономики региона в том числе и в будущих проектах.

Невысокие показатели цифровых технологий и доступа к интернету российских сельхозорганизаций крайне низок. Во многом такие показатели связаны с тем, что сами сельхозпроизводители не в полной мере осведомлены о цифровых технологиях, применяемых в сельском хозяйстве. Для преодоления барьера отсутствия знаний у фермеров Томской области об инновационных технологиях планируется проведение форсайт-сессии, при которой будет проведен многотуровый мозговой штурм с выявлением трендов из будущего в настоящее в коллективе, состоящем из стейкхолдеров процесса. Достижение общего видения неизбежного по сути, но пробуксовывающего на практике процесса цифровизации сельского хозяйства разными заинтересованными сторонами позволит ускорить внедрение цифровых технологий при производстве сельскохозяйственного продукта.

Информация о финансовой поддержке данной работы

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-010-00352: Рынок цифровых платформ: сценарии преодоления потребительского сопротивления цифровизации.

Библиография

1. Ферме добавляют ума. // Специальный проект rg.ru. АПК. События года 2018. 18.11.2018. URL: <https://rg.ru/2018/11/18/v-pravitelstvo-vnesen-proekt-cifrovое-selskoe-hozijajstvo.html> (дата обращения: 08.06.2020).
2. Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2016 года. [Электронный ресурс]. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://gks.ru/519?print=1> (дата обращения: 08.06.2020).
3. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». [Электронный ресурс]. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. 2019. URL: <http://mcx.ru/upload/iblock/900/900863fae06c026826a9ee43e124d058.pdf> (дата обращения: 08.06.2020).
4. Первая форсайт-сессия в рамках подготовки Стратегии развития Кемеровской области 2035 по направлению «Новое качество сельской жизни» прошла в Кемеровском государственном сельскохозяйственном институте. [Электронный ресурс]. Официальный сайт Кузбасской государственной сельхоз академии. 19.07.2018. URL: <http://www.ksai.ru/content/1/read6992.html> (дата обращения 08.06.2020).
5. Сельское хозяйство России 2020–2025: взгляд в будущее. [Электронный ресурс]. Официальный сайт ВДНХ. АГРОФАРМ 2020. 12.02.2020. URL: <http://agrofarm.vdnh.ru/news/283-selskoe-khozyajstvo-rossii-2020-2025-vzglyad-v-budushchee>. 12.02.2020. (дата обращения 08.06.2020).
6. Образовательного проекта «Цифровизация сельского хозяйства». [Электронный ресурс]. Некоммерческая организация Ассоциация Интернета вещей. 01.11.2019-2020. URL: <https://iotas.ru/projects/agriculture/> (дата обращения 08.06.2020).
7. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 80 с. URL: <http://mcx.ru/upload/iblock/28f/28f56de9c3d40234dbdcbfac94787558.pdf> (дата обращения 08.06.2020).
8. В Томской области разработают шесть цифровых платформ в сфере АПК. [Электронный ресурс]. Официальный интернет-портал Администрации Томской области. 28.01.2020. URL: <https://tomsk.gov.ru/news/front/view/id/50724> (дата обращения 08.06.2020).
9. Стратегия повышения качества пищевой продукции до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р. [Электронный ресурс]. Официальный сайт компании «КонсультантПлюс» URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200636/cb8d081e8968f6dba480048c4511db0025f1064b/ (дата обращения: 08.06.2020).
10. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство». [Электронный ресурс]. Всероссийский институт аграрных проблем и информатики им. А.А.Никонова - филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ. URL: <http://www.viapi.ru/download/2018/> (дата обращения: 08.06.2020).
11. Отчет Департамента социально-экономического развития села Томской области за 2019 год. [Электронный ресурс]. URL: <https://depagro.tomsk.gov.ru/otchety-i-doklady-o-deyatelnosti> (дата обращения: 08.06.2020).

12. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента России от 07 мая 2018 г. № 204. [Электронный ресурс]. Система ГАРАНТ. URL: <http://www.garant.ru/hotlaw/federal/1195467/> (дата обращения: 08.06.2020).
13. Об утверждении Прогноза научно-технологического развития агропромышленного комплекса РФ на период до 2030 г.: Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 12 января 2017 г. № 3. [Электронный ресурс]. Система ГАРАНТ. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71499570/> (дата обращения: 08.06.2020).
14. Об утверждении Концепции развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 июля 2010 г. № 1292-р. [Электронный ресурс]. Система ГАРАНТ. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2072596/> (дата обращения: 08.06.2020).
15. Демкин В.П., Мерзляков О.Э., Хромых В.В., Кужевская И.В., Кривошеин Е.Д. Современные подходы к системе точного земледелия на основе использования средств сбора информации и анализа больших данных / Геоморфология и физическая география Сибири в XXI веке Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы Российской Федерации, почетного члена Русского географического общества, профессора, доктора географических наук Земцова Алексея Анисимовича. 2020. С. 157-160.
16. Катаев М.Ю., Бульшева Л.А., Лосева Н.В., Елгин К.С. Бизнес-процесс применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (СИБРЕСУРС-25-2019) Доклады (материалы конференции) 25-й всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 77-83.
17. ТПУ представил первый урожай, выращенный в "Smart-теплице". РИА Томск. 13 мая 2019 г. URL: <https://www.riatomsk.ru/article/20190513/smart-teplica-tpu/>. (дата обращения: 08.06.2020).
18. Лаборатория экологического приборостроения (ЛЭП) ИМКЭС СО РАН. URL: <http://www.imces.ru/index.php?tm=news&action=view&id=421>. (дата обращения: 08.06.2020).
19. ПАО Группа компаний «Микрон». [Электронный ресурс]. Официальный сайт. URL: <https://mikron.ru> (дата обращения: 08.06.2020).
20. Группа компаний Cognitive Technologies. [Электронный ресурс] Официальный сайт. URL: <https://www.cognitive.ru>. (дата обращения: 08.06.2020).
21. АО «НПФ Микран». [Электронный ресурс]. Официальный сайт. URL: <https://www.micran.ru> (дата обращения: 08.06.2020).
22. Официальный интернет-портал Администрации Томской области. [Электронный ресурс]. Официальный сайт. URL: <https://tomsk.gov.ru/> (дата обращения: 08.06.2020).
23. Каталог сельскохозяйственных производителей Томской области. [Электронный ресурс]. Официальный сайт Администрации Томской области. URL: <http://catalog.agro.tomsk.ru/> (дата обращения: 08.06.2020).
24. Методология Rapid Foresight 0.4. [Электронный ресурс]. Официальный сайт Агентства стратегических инициатив. 2017. URL: <https://asi.ru/reports/67656/> (дата обращения: 08.06.2020).

References

1. Ferme dobavyat uma. // Special'nyj proekt rg.ru. APK. Sobytiya goda 2018. 18.11.2018. URL: <https://rg.ru/2018/11/18/v-pravitelstvo-vnesen-proekt-cifrovoe-selskoe-hozyajstvo.html> (data obrashcheniya: 08.06.2020).
2. Vserossijskaya sel'skohozyajstvennaya perepis' 2016 goda. [Elektronnyj resurs]. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: <https://gks.ru/519?print=1> (data obrashcheniya: 08.06.2020).
3. Vedomstvennyj proekt «Cifrovoe sel'skoe hozyajstvo». [Elektronnyj resurs]. Ministerstvo sel'skogo hozyajstva Rossijskoj Federacii. 2019. URL: <http://mcx.ru/upload/iblock/900/900863fae06c026826a9ee43e124d058.pdf> (data obrashcheniya: 08.06.2020).
4. Pervaya forsajt-sessiya v ramkah podgotovki Strategii razvitiya Kemerovskoj oblasti 2035 po napravleniyu «Novoe kachestvo sel'skoj zhizni» proshla v Kemerovskom gosudarstvennom sel'skohozyajstvennom institute. [Elektronnyj resurs]. Oficial'nyj sajt Kuzbasskoj gosudarstvennoj sel'hoz akademii. 19.07.2018. URL: <http://www.ksai.ru/content/1/read6992.html> (data obrashcheniya 08.06.2020).
5. Sel'skoe hozyajstvo Rossii 2020–2025: vzglyad v budushchee. [Elektronnyj resurs]. Oficial'nyj sajt VDNH. AGROFARM 2020. 12.02.2020. URL: <http://agrofarm.vdnh.ru/news/283-selskoe-khozyajstvo-rossii-2020-2025-vzglyad-v-budushchee>. 12.02.2020. (data obrashcheniya 08.06.2020).
6. Obrazovatel'nogo proekta «Cifrovizaciya sel'skogo hozyajstva». [Elektronnyj resurs]. Nekommercheskaya organizaciya Associaciya Interneta veshchej. 01.11.2019-2020. URL: <https://iotas.ru/projects/agriculture/> (data obrashcheniya 08.06.2020).
7. Cifrovaya transformaciya sel'skogo hozyajstva Rossii: ofic. izd. M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019. 80 s. URL: <http://mcx.ru/upload/iblock/28f/28f56de9c3d40234dbdcfbfac94787558.pdf> (data obrashcheniya 08.06.2020).
8. V Tomskoj oblasti razrabotayut shest' cifrovyh platform v sfere APK. [Elektronnyj resurs]. Oficial'nyj internet-portal Administracii Tomskoj oblasti. 28.01.2020. URL: <https://tomsk.gov.ru/news/front/view/id/50724> (data obrashcheniya 08.06.2020).
9. Strategiya povysheniya kachestva pishchevoj produkcii do 2030 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 29 iyunya 2016 g. № 1364-r. [Elektronnyj resurs]. Oficial'nyj sajt kompanii «Konsul'tantPlyus» URL:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200636/cb8d081e8968f6dba48004_8c4511db0025f1064b/ (data obrashcheniya: 08.06.2020).

10. Konceptiya «Nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya cifrovogo sel'skogo hozyajstva «Cifrovoe sel'skoe hozyajstvo». [Elektronnyj resurs]. Vserossijskij institut agrarnyh problem i informatiki im. A.A.Nikonova - filial FGBNU FNC VNIIESKH. URL: <http://www.viapi.ru/download/2018/> (data obrashcheniya: 08.06.2020).

11. Otchet Departamenta social'no-ekonomicheskogo razvitiya sela Tomskoj oblasti za 2019 god. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://depagro.tomsk.gov.ru/otchety-i-doklady-o-deyatelnosti> (data obrashcheniya: 08.06.2020).

12. O nacional'nyh celyah i strategicheskikh zadachah razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2024 goda: Ukaz Prezidenta Rossii ot 07 maya 2018 g. № 204. [Elektronnyj resurs]. Sistema GARANT. URL: <http://www.garant.ru/hotlaw/federal/1195467/> (data obrashcheniya: 08.06.2020).

13. Ob utverzhdenii Prognoza nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa RF na period do 2030 g.: Prikaz Ministerstva sel'skogo hozyajstva RF ot 12 yanvarya 2017 g. № 3. [Elektronnyj resurs]. Sistema GARANT. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71499570/> (data obrashcheniya: 08.06.2020).

14. Ob utverzhdenii Konceptii razvitiya gosudarstvennogo monitoringa zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya i zemel', ispol'zuemyh ili predostavlennyh dlya vedeniya sel'skogo hozyajstva v sostave zemel' inyh kategorij, i formirovaniya gosudarstvennyh informacionnyh resursov ob etih zemlyah na period do 2020 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 30 iyulya 2010 g. № 1292-r. [Elektronnyj resurs]. Sistema GARANT. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2072596/> (data obrashcheniya: 08.06.2020).

15. Demkin V.P., Merzlyakov O.E., Hromyh V.V., Kuzhevskaya I.V., Krivoshein E.D. Sovremennye podhody k sisteme tochnogo zemledeliya na osnove ispol'zovaniya sredstv sbora informacii i analiza bol'shix dannyh / Geomorfologiya i fizicheskaya geografiya Sibiri v XXI veke Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya zaslužennogo rabotnika vysshej shkoly Rossijskoj Federacii, pochetnogo chlena Russkogo geograficheskogo obshchestva, professora, doktora geograficheskikh nauk Zemcova Alekseya Anisimovicha. 2020. S. 157-160.

16. Kataev M.YU., Bulysheva L.A., Loseva N.V., Elgin K.S. Biznes-process primeneniya bespilotnyh letatel'nyh apparatov v sel'skom hozyajstve / Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri (SIBRESURS-25-2019) Doklady (materialy konferencii) 25-j vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2019. S. 77-83.

17. TPU predstavil pervyj urozhaj, vyrashchennyj v "Smart-teplice". RIA Tomsk. 13 maya 2019 g. URL: <https://www.riatomsk.ru/article/20190513/smart-teplica-tpu/>. (data obrashcheniya: 08.06.2020).

18. Laboratoriya ekologicheskogo priborostroeniya (LEP) IMKES SO RAN. URL: <http://www.imces.ru/index.php?rm=news&action=view&id=421>. (data obrashcheniya: 08.06.2020).

19. PAO Gruppa kompanij «Mikron». [Elektronnyj resurs]. Oficial'nyj sajt. URL: <https://mikron.ru> (data obrashcheniya: 08.06.2020).

20. Gruppa kompanij Cognitive Technologies. [Elektronnyj resurs] Oficial'nyj sajt. URL: <https://www.cognitive.ru>. (data obrashcheniya: 08.06.2020).

21. AO «NPF Mikran». [Elektronnyj resurs]. Oficial'nyj sajt. URL: <https://www.micran.ru> (data obrashcheniya: 08.06.2020).

22. Oficial'nyj internet-portal Administracii Tomskoj oblasti. [Elektronnyj resurs]. Oficial'nyj sajt. URL: <https://tomsk.gov.ru/> (data obrashcheniya: 08.06.2020).

23. Katalog sel'skohozyajstvennyh proizvoditelej Tomskoj oblasti. [Elektronnyj resurs]. Oficial'nyj sajt Administracii Tomskoj oblasti. URL: <http://catalog.agro.tomsk.ru/> (data obrashcheniya: 08.06.2020).

24. Metodologiya Rapid Foresight 0.4. [Elektronnyj resurs]. Oficial'nyj sajt Agentstva strategicheskikh iniciativ. 2017. URL: <https://asi.ru/reports/67656/> (data obrashcheniya: 08.06.2020).

Сведения об авторах

Рыжкова Марина Вячеславовна, д.э.н., доцент, профессор кафедры экономики Института экономики и менеджмента Национального исследовательского Томского государственного университета, 634050, г. Томск, пр. Ленина 36, профессор Школы инженерного предпринимательства Национального исследовательского Томского политехнического университета, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30, 89234242454, marybox@inbox.ru (корреспондирующий автор).

Варлачева Татьяна Борисовна, к.э.н., магистр Томского политехнического университета, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30, 89528963655, varlacheva_t_b@mail.ru.

Information about authors

Ryzhkova Marina Vjacheslavovna, Doctor of Economic Sciences, Full Professor of Economics Department, National Research Tomsk State University, Lenin str., 36, 634057, Tomsk, Russia, Full Professor of School of Engineering Entrepreneurship, National Research Tomsk Polytechnic University, Lenin str., 30, 634057, Tomsk, Russia, tel. 89234242454, e-mail: marybox@inbox.ru.

Varlacheva Tatjana Borisovna, Candidate of Economic Sciences, Master Student, National Research Tomsk Polytechnic University, Lenin str., 30, 634057, Tomsk, Russia, tel. 89528963655, varlacheva_t_b@mail.ru.

Нашим авторам

В журнале публикуются результаты открытых научных исследований в области сельскохозяйственной науки и техники, материалы о результатах инновационных разработок и проектов предприятий и фирм различных форм собственности, изобретениях; материалы конференций, выставок, конкурсов.

Содержание статей рецензируется (в соответствии с профилем журнала) на предмет актуальности темы, четкости и логичности изложения, научно-практической значимости рассматриваемой проблемы и новизны предлагаемых авторских решений.

Общий объем публикации определяется количеством печатных знаков с пробелами. Рекомендуемый диапазон значений составляет от 12 тыс. до 40 тыс. печатных знаков с пробелами (0,3 – 1,0 печатного листа). Материалы, объем которых превышает 40 тыс. знаков, могут быть также приняты к публикации после предварительного согласования с редакцией. При невозможности размещения таких материалов в рамках одной статьи, они могут публиковаться (с согласия автора) по частям, в каждом последующем (очередном) номере журнала.

Статьи должны быть оформлены на листах формата А4, шрифт – Times New Roman, кеглем (размером) – 12 пт, для оформления названий таблиц, рисунков, диаграмм, структурных схем и других иллюстраций: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт; для примечаний и сносок: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт. Для оформления библиографии, сведений об авторах, аннотаций и ключевых слов используется кегль 10 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля сверху и снизу, справа и слева – 2 см, абзац – 1,25 см (не задавать пробелами), формат – книжный. Если статья была или будет отправлена в другое издание необходимо сообщить об этом редакции.

При подготовке материалов не допускается использовать средства автоматизации документов (колонтитулы, автоматически заполняемые формы и поля, даты), которые могут повлиять на изменение форматов данных и исходных значений.

Оформление статьи

Слева в верхнем углу с абзаца печатается УДК статьи (проверяйте корректность выбранного УДК на сайте Всероссийского института научной и технической информации – ВИНИТИ либо в сотрудничестве с библиографом учредителя журнала по тел. +7 4722 39-27-05).

Ниже, через пробел, слева с абзаца – инициалы и фамилии автора(ов), полужирным курсивом. Далее, через пробел, по-центру строки – название статьи (должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким) жирным шрифтом заглавными буквами.

Затем с красной строки приводится аннотация, оформленная в соответствии с требованиями, предъявляемыми к рефератам и аннотациям ГОСТ 7.9-95, ГОСТ 7.5-98, ГОСТ Р 7.0.4-2006, объемом 200 – 250 слов (не более 2000 знаков), с нового абзаца – ключевые слова.

Далее необходимо разместить на английском языке: название статьи, аннотацию (Abstract), ключевые слова (Keywords).

После этого через пробел – текст статьи, библиография (библиографическое описание приводится в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка») и ее вариант на английском языке (References). При составлении описаний на английском языке рекомендуется использовать международный стандарт Harvard, с учетом того, что фамилии и инициалы авторов русскоязычных источников, название статьи транслитерируются (согласно правилам Системы Библиотеки Конгресса США – LC), затем в квадратных скобках приводится перевод названия публикации, далее – ее выходные данные (на английском языке либо в транслитерации, без сокращений и аббревиатур).

Далее размещаются сведения об авторах, которые включают фамилию, имя и отчество, ученую степень, ученое звание (при наличии), занимаемую должность или профессию, место работы (учебы) – полное наименование учреждения или организации, включая структурное подразделение (кафедра, факультет, отдел, управление, департамент и пр.), и его полный почтовый адрес, контактную информацию – телефон и(или) адрес электронной почты, а также другие данные по усмотрению автора, которые будут использованы для размещения в статье журнала и на информационном сайте издательства. В коллективных работах (статьях, обзорах, исследованиях) сведения авторов приводятся в принятой ими последовательности. Затем следует англоязычный вариант информации об авторах (Information about authors).

Основной текст публикуемого материала (статьи) приводится на русском или английском языках. Текст публикуемой работы должен содержать введение, основную часть и заключение. Объем каждой из частей определяется автором. Вводная часть служит для обоснования автором цели выбранной темы, актуальности. Затем необходимо подробно изложить суть проблемы, провести анализ, обосновать выбранное решение, отразить, а также привести достаточные основания и доказательства, подтверждающие их достоверность. В заключительной части автор формулирует обобщенные выводы, основные рекомендации или предложения; прогнозы и(или) перспективы, возможности и области их использования. Для выделения наиболее важных понятий, выводов допускается полужирный шрифт и курсив. Не допускается применять подчеркивание основного текста, ссылок и примечаний, а также выделение его (окраска, затенение, подсветка) цветным маркером.

Авторский текст может сопровождаться монохромными рисунками, таблицами, схемами, фотографиями, графиками, диаграммами и другими наглядными объектами. В этом случае в тексте приводятся соответствующие ссылки на иллюстрации. Подписи к рисункам и заголовки таблиц обязательны.

Иллюстрации в виде схем, диаграмм, графиков, фотографий и иных (кроме таблиц) изображений считаются рисунками. Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки. Например: «Рис. 1. Получение гибридных клеток».

При подготовке таблиц разрешается только книжная ориентация таблицы. Подпись таблицы располагается над ней, по центру. Например: «Таблица 3. Стандарт породы по живой массе племенных телок».

Иллюстрации, используемые в тексте, дополнительно предоставляются в редакцию в виде отдельных файлов хорошего качества, формата TIFF (с разрешением 300 dpi) или EPS, все шрифты должны быть переведены в кривые. Исключения составляют графики, схемы и диаграммы, выполненные непосредственно в программе Word, в которой предоставляется текстовый файл, или Excel. Их дополнительно предоставлять в виде отдельных файлов не требуется.

Математические формулы следует набирать в формульном редакторе Microsoft Equation или Microsoft MathType. Формулы, набранные в других редакторах, а также выполненные в виде рисунков, не принимаются. Все обозначения величин в формулах и таблицах должны быть раскрыты в тексте.

При цитировании или использовании каких-либо положений из других работ даются ссылки на автора и источник, из которого заимствуется материал в виде отсылок, заключенных в квадратные скобки [1]. Все ссылки должны быть сведены автором в общий список (библиография), оформленный в виде затекстовых библиографических ссылок в конце статьи, где приводится полный перечень использованных источников. Использовать в статьях внутритекстовые и подстрочные библиографические ссылки не допускается.

Порядок представления материалов

Авторы предоставляют в редакцию (ответственным секретарям соответствующих тематических разделов) следующие материалы:

- статью в печатном виде, без рукописных вставок, на одной стороне стандартного листа, подписанную на последнем листе всеми авторами,
- статью в электронном виде, каждая статья должна быть в отдельном файле, в имени файла указывается фамилия первого автора,
- сведения об авторах (в печатном и электронном виде) – анкету автора,
- рецензию на статью, подписанную (доктором наук) и заверенную печатью,
- аспиранты предоставляют справку, подтверждающую место учебы.

При условии выполнения формальных требований к материалам на публикацию предоставленная автором рукопись статьи рецензируется согласно установленного порядка рецензирования рукописей, поступающих в редакцию журнала. Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается главным редактором (заместителями главного редактора), а при необходимости – редколлекцией в целом. Автору не принятой к публикации рукописи редколлекция направляет мотивированный отказ.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Адреса электронной почты ответственных секретарей тематических разделов приведены ниже.

Тематический раздел «Инновационная экономика, управление предприятиями АПК и социальное развитие села»:

Наседкина Татьяна Ивановна, д. э. н., профессор – ответственный редактор,
Груздова Людмила Николаевна, к. э. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: konf.econom@yandex.ru
тел. +7 919 229-09-96.

Тематический раздел «Инновационные технологии в агрономии»:

Лицуков Сергей Дмитриевич, д. с.-х. н., профессор – ответственный редактор,
Муравьев Александр Александрович, к. с.-х. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: Aleksandr16_1988@mail.ru
тел. +7 951 142-75-77.

Тематический раздел «Агроинженерия и энергоэффективность»:

Пастухов Александр Геннадиевич, д. т. н., профессор – ответственный редактор,
Колесников Александр Станиславович, к. т. н., доцент – ответственный секретарь,
e-mail: a.s.kolesnikov@mail.ru
тел. +7 908 783-88-92.

Пример оформления статьи

УДК 633.11(470.325)

В.В. Смирнова, Н.А. Сидельникова, И.В. Кулишова

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации (не менее 250 слов, 2000 знаков).

Ключевые слова: ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова (не менее 5)

FORMATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF GRAIN OF THE WINTER WHEAT IN THE BELGOROD REGION

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation.

Keywords: keywords, keywords, keywords, keywords, keywords.

Далее излагается текст научной статьи.....
 (текст).....
 (текст).....
 (текст).....

Таблица 1 - Урожайность зерна сортов озимой пшеницы, т/га (2016-2017 г.г.)

Библиография

Приводится список использованных литературных и других источников на русском

References

и на английском языках.

Сведения об авторах

Смирнова Виктория Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул.Вавилова, д.1, п.Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Сидельникова Наталья Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент , заведующий кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул.Вавилова, д.1, п.Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26

Кулишова Ирина Владимировна, аспирант второго года обучения кафедры земледелия, агрохимии и экологии, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Information about authors

Smirnova Victoria Viktorovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Sidelnikova Natalya Anatolyevna, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26

Kulishova Irina Vladimirovna, graduate student of the second year of training of department of agriculture, agrochemistry and ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia.

Our reviewers

Results of open scientific researches in the field of agricultural science and equipment, materials about results of innovative development and projects of the enterprises and firms of various forms of ownership, inventions, materials of conferences, exhibitions and competitions are published in the Journal.

The contents of articles are reviewed (according to Journal's content) for topic relevance, clearness and statement logicity, the scientific and practical importance of the considered problem and novelty of the proposed author's solutions.

The total amount of the publication is decided by the amount of typographical units with interspaces. The recommended range of values makes from 12 thousand to 40 thousand typographical units with interspaces (0,3 – 1,0 printed pages). Materials which volume exceeds 40 thousand typographical units may be also accepted to the publication after preliminary agreement with editorial body. In case of impossibility of such materials replacement within one article, they may be published (with the author consent) in parts, in each subsequent (next) issue of the Journal.

Articles must be issued on sheets A4, printed type must be Times New Roman, size must be 12 pt; for registration of tables titles, drawings, charts, block diagrams and other illustrations - Times New Roman, usual, size is 10 pt; for notes and footnotes - Times New Roman, usual, size 10 pt. For registration of the bibliography, data on authors, summaries and keywords the size is 10 pt, a line spacing is 1,0. Edges above and below, right and left are 2 cm, the paragraph is 1,00 cm (without interspaces), a format is a book. If article was or will be sent to another edition it is necessary to report to our editions.

During materials preparation you may not to use an automation equipment of documents (headlines, automatically filled forms and fields, dates) which can influence change of formats of data and reference values.

Article registration

In the left top corner from the paragraph article UDC is printed (check a correctness of the chosen UDC on the site of the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information or in cooperation with the bibliographer of the founder of Journal by tel. +7 4722 39-27-05).

Below, after interspaces, at the left from the paragraph are full name of the author(s), semi boldface italics. Further, after interspaces, in the center of a line is article title (the name of article has to reflect the main idea of the executed research and should be as short as possible) and it prints with capital letters.

Then with a new paragraph one places a summary (issued according to requirements imposed to papers and summaries of GOST 7.9-95, GOST 7.5-98, GOST P 7.0.4-2006 of 200 – 250 words (no more than 2000 signs), from the new paragraph one provides keywords.

Further it is necessary to place in English: article title, summary (Abstract), keywords.

Next after interspaces is the text of article, the bibliography (the bibliographic description is provided according to GOST P 7.0.5-2008 "Bibliographic reference") and its option in English (References). By drawing up descriptions in English it is recommended to use the international Harvard standard taking into account that authors full name of Russian-speaking sources, article titles are transliterated (according to rules of System of Library of the Congress of the USA – LC), after that in square brackets is translation of publication title, further is given its output data (in English or transliteration, without reductions and abbreviations).

Further there are data about authors, which include a surname, a name and a middle name; academic degree, academic status (now); post or profession; a place of work (study) – full name of organization, including structural division (chair, faculty, department, management, department, etc.), and their full postal address, contact information – telephone and (or) the e-mail address, and also other data on the author's discretion which will be used for article's replacement in the Journal and on the informational website of publishing house. In collective works (articles, reviews, researches) of data of authors are brought in the sequence accepted by them. Further information about authors in English.

The main text of the published material (article) is provided in Russian or English. The text of the published work has to contain: introduction, main part and conclusion. The volume of each of parts is defined by the author. Then it is necessary to detail a problem, carry out the analysis, prove the chosen decision, and give the sufficient bases and proofs confirming ones reliability. In conclusion the author formulates the generalized conclusions, the main recommendations or offers; forecasts and(or) prospects, opportunities and their application area.

For highlighting of the most important concepts, conclusions is used the bold-face type and italics. It is not allowed to apply underlining of the main text, references and notes, and also its allocation (coloring, illumination) a color marker.

The author's text can be accompanied by monochrome drawings, tables, schemes, photos, schedules, charts and other graphic objects. In this case the corresponding references to illustrations are given in the text. Drawings titles and headings of tables are obligatory.

Illustrations in the form of schemes, charts, schedules, photos and others (except tables) images are considered as drawings. Drawing title is under it in the middle of a line. For example: "Fig. 1. Obtaining hybrid cells".

During tables preparation you can use only book orientation of the table. Table title is over it, in the center. For example: "Table 3. The breed standard in live weight of breeding heifers".

The illustrations used in the text in addition are provided in edition in the form of separate files of high quality, the TIFF format (with the resolution of 300 dpi) or EPS, all fonts have to be transferred to curves. The exception is made by the schedules, schemes and charts executed directly in the Word program in which the text file or Excel is provided. It is not required to provide them in the form of different files.

Mathematical formulas should be written in the formular Microsoft Equation or Microsoft MathType editor. The formulas, which are written in other editors and in the form of drawings, are not accepted. All designations of sizes in formulas and tables must be explained in the text.

In case of citing or using any provisions from other works one should give references to the author and a source from which material in the form of the sending concluded in square brackets [1]. All references must be listed by the author in the general list (bibliography) issued in the form of endnote bibliographic references in the end of article where the full list of the used sources is provided. Do not use intra text and interlinear bibliographic references in articles.

Order of materials representation

Authors provide the following materials in edition (responsible secretaries of the appropriate thematic sections):

- article in printed form, without hand-written inserts, on one party of a standard sheet, signed on the last sheet by all authors,
- article in electronic form, each article has to be in the different file, the surname of the original author titles the file,
- data about authors (in a printing and electronic versions) – the questionnaire of the author,
- the review of article signed (doctor of science) and certified by the press
- graduate students provide the reference confirming a study place.

On condition of implementation of formal requirements to materials for the publication the article manuscript provided by the author is reviewed according to an established order of reviewing of the manuscripts, which are coming to editorial office of the Journal. The decision on expediency of the publication after reviewing is made by the editor-in-chief (deputy chief editors), and if it is necessary by an editorial board in general. The editorial board sent to the author of the unaccepted manuscript a motivated refusal.

The payment for the manuscripts publication is not charged from graduate students.

E-mail addresses of responsible secretaries of thematic sections are given below:

Thematic section “Innovative Economics, Management of Agricultural Enterprises and Social Development of the Village”:

Nasedkina Tatyana Ivanovna, Dr. Econ. Sci., Professor – the editor-in-chief,
Gruzdova Lyudmila Nikolaevna, Cand. Econ. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,
e-mail: konf.econom@yandex.ru
Tel. +7 919 229-09-96.

Thematic section “Innovative Technologies in Agronomy”:

Litsukov Sergey Dmitriyevich, Dr. Agric. Sci., Professor – the editor-in-chief,
Muravyov Alexander Alexandrovich, Cand. Agri. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,
e-mail: Aleksandr16_1988@mail.ru
Tel. +7 952 142-75-77.

Thematic section “Agricultural Engineering and Energy Efficiency”:

Pastukhov Alexander Gennadievich, Dr. of Tech. Sci., Professor – the editor-in-chief,
Kolesnikov Alexander Stanislavovich, Cand. Tech. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,
e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru
Tel. +7 908 783-88-92.

Example of registration of article

UDC 633.11(470.325)

V.V. Smirnova, N.A. Sidelnikova, I.V. Kulishova

FORMATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF GRAIN OF THE WINTER WHEAT IN THE BELGOROD REGION

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation (not less than 250 words).

Keywords: keywords, keywords, keywords, keywords, keywords (not less than 5 keywords).

Text.....

Table 1 - The breed standard in live weight of breeding sows

References

1. Smirnova V.V. Vliyanie predshestvennikov na urozhajnost' sortov ozimoy pshenicy, tekhnologicheskie kachestva zerna i ih izmenenie pri hranenii: avtoreferat dis. ... kand.s.-h. nauk: 06.01.09 / Smirnova V.V.; BelGSKHA. – Belgorod, 2007. – 19 s.
2. Sidel'nikova N.A. Sovershenstvovanie intensivnykh tekhnologiy vozdel'yvaniya zernovykh kul'tur v CCHZ / N.A.Sidel'nikova, L.G.Gavrilenko // Sbornik nauchnykh trudov SKHI.-Belgorod, 1988.-111s.
3. GOST R 52554 – 2006. Pshenica. Tekhnicheskie usloviya. – Vved. 2007-07-01. – M.: Standartinform, 2006. – 13 s.

Information about authors

Smirnova Victoria Viktorovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26, e-mail: svc.belgorod@mail.ru

Sidelnikova Natalya Anatolyevna, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26

Kulishova Irina Vladimirovna, graduate student of the second year of training of department of agriculture, agrochemistry and ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia.